Astronomia per tutti

Volume 4

Neofiti: Osservare il cielo a occhio nudo

Costellazioni: Vergine e Orsa Maggiore

Astrofotografia: Fotografare il colore delle stelle

Ricerca amatoriale: Ricerca e studio variabili

Astrofisica: Il corpo nero

Astronautica: L'esplorazione della Luna

Attualità: Le montagne più alte del Sistema Solare

Domande e risposte

Daniele Gasparri

Daniele Gasparri

Astronomia per tutti: volume 4

Tutti i miei libri (oltre 20) sono raggiungibili a questo link

Clicca qui per vedere gli altri volumi di Astronomia per tutti

Indice

Nel prossimo volume

In copertina: La parte meridionale della costellazione di Orione, con la cintura evidente in alto e la nebulosa M42 al centro spostata verso sinistra. Nonostante il cristallino cielo dell'outback australiano e un obiettivo da 85 mm f1.2, i colori delle stelle più brillanti sono difficili da notare. In questo volume vedremo una semplice applicazione per mostrare i colori degli astri, i quali, scopriremo, dipendono dalla loro temperatura superficiale.

Presentazione

Il quarto volume di “Astronomia per tutti” tratta alcuni temi fondamentali e molto divertenti negli ambiti pratici e teorici dell’astronomia.

Nella categoria riguardante i neofiti, dopo tanta teoria impareremo cosa e come osservare a occhio nudo. Si, perché non c’è bisogno di un costosissimo telescopio per iniziare a scrutare il cielo e meravigliarci della sua bellezza. Migliaia di stelle, quasi tutti i pianeti, addirittura nebulose e galassie incastonate in quelle figure mitologiche chiamate costellazioni, che coprono uniformemente questa cupola cristallina sopra le nostre teste.

Per gli appassionati della fotografia vedremo un’applicazione estremamente semplice e interessante: riprendere il vero colore delle stelle, quasi sempre nascosto anche alle classiche fotografie scattate con i più grandi telescopi professionali.

Questa semplice tecnica ci lancerà direttamente nel capitolo riguardante l’astronomia teorica, nel quale si parlerà del corpo nero e tenteremo di giustificare i colori che così evidenti si vedono anche nelle nostre fotografie.

Prima, però, vedremo un’altra applicazione pratica della teoria vista nei numeri precedenti riguardante la ricerca amatoriale: studiare e scoprire nuove stelle variabili con il nostro piccolo telescopio e una camera digitale amatoriale e come trasformarci in veri e propri astronomi.

Nella categoria riguardante l’astronautica finalmente ci rilasseremo e sogneremo insieme a quegli uomini straordinari che negli anni 50 e 60 diedero inizio all’esplorazione della Luna e alla costruzione del razzo più grande e potente mai esistito: il Saturn V, l’unico manufatto della storia che ha portato uomini fin

sulla superficie del nostro satellite naturale, laddove nessuno è mai più arrivato.

Come tema d'attualità è stato scelto un argomento poco conosciuto: le montagne del Sistema Solare. Certo, perché non crederete mica che solo la Terra abbia alte e appuntite vette, splendide da ammirare e scalare? Anzi, le montagne terrestri in confronto a quelle degli altri corpi celesti potrebbero sembrare poco più che delle colline. E sono pronto a scommettere che non indovinerete mai dove si trova la montagna più alta di tutto il Sistema Solare. No, non è (più) su Marte, ma su un insospettabile corpo celeste…

Daniele Gasparri
Marzo 2013

Neofiti

In questa sezione, che verrà estratta dal mio libro: "Primo incontro con il cielo stellato", affronterò insieme a tutti gli appassionati il difficile ma appassionante cammino verso

l’osservazione consapevole dell’Universo e dei fantastici oggetti che ci nasconde.

Si tratta di un vero e proprio corso di astronomia di base, che parte dalle fondamenta per giungere, con la dovuta calma e pazienza, alla scelta del telescopio e ai consigli sugli oggetti celesti da osservare.

Per ora limitiamoci a familiarizzare con l’astronomia, a capire di cosa parla e quali corpi e fenomeni troverete lungo il cammino.

Un consiglio prima di iniziare: preparatevi a continue e sbalorditive sorprese!

Osservare il cielo a occhio nudo

L'osservazione del cielo con un telescopio è il completamento di un percorso di cui l'acquisto dello strumento rappresenta la parte finale, la maturazione dell'appassionato di astronomia in vero e proprio astrofilo, o astronomo dilettante.

Una corretta conoscenza del cielo, delle costellazioni, delle stelle principali, dei moti della Terra e degli oggetti che si possono osservare, è fondamentale per intraprendere una lunga carriera di astrofilo, che altrimenti rischia di interrompersi bruscamente all'arrivo delle prime inevitabili delusioni.

Le prime, emozionanti, osservazioni dovrebbero essere quindi effettuate senza l'ausilio di alcuno strumento, ma semplicemente con una buona mappa celeste e un cielo più scuro possibile, senza il disturbo di luci artificiali o della Luna.

Le costellazioni

Riconoscere le costellazioni è il primo passo di avvicinamento al cielo. Tutti voi avete sentito la parola costellazione, ma chi sa effettivamente cosa sono e cosa rappresentano?

Le costellazioni sono delle associazioni immaginarie di stelle che ricordano figure familiari, generalmente mitologiche. La loro nascita è infatti da imputare alle antiche civiltà che popolavano la Terra migliaia di anni fa e che cercavano in cielo forme e figure divine per dare una ragione alla loro esistenza e, forse, sentirsi meno soli nell'Universo.

Le costellazioni non sono altro, dunque, che l'espressione

della creatività e dell'intelligenza dell'uomo, che ha associato a quei puntini dei disegni.

Le costellazioni attuali sono 88, ma non tutte sono visibili dai nostri cieli a causa della presenza dell'orizzonte terrestre e della nostra posizione sulla superficie terrestre.

Il nome di ogni costellazione è espresso in latino, ma spesso è italianizzato. Non è raro, quindi, trovare nomi quali Bootes, Pastore o Bovaro per esprimere il nome di una stessa costellazione.

Quasi tutte le costellazioni hanno origini arcaiche e sono contraddistinte da numerosi racconti mitologici, soprattutto Greci (a questo proposito vedi il capitolo 8).

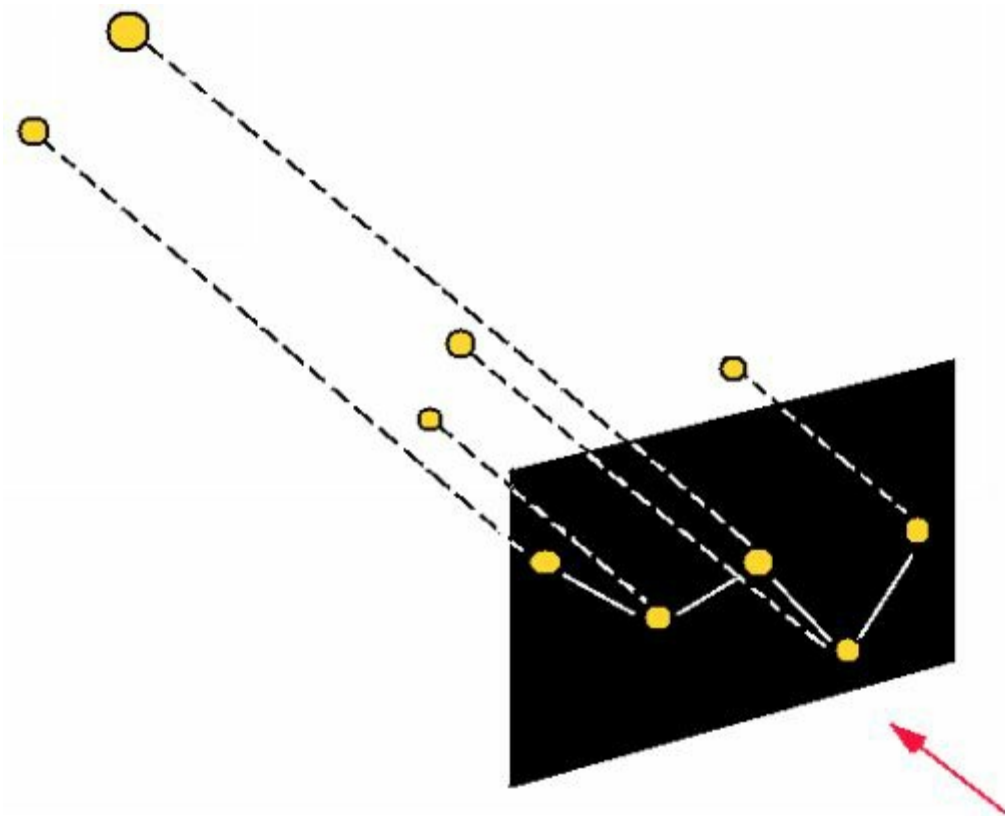
Oltre al nome delle costellazioni, anche le stelle più brillanti del cielo possiedono nomi propri, a prescindere dall'appartenenza alla relativa costellazione. Anche in questi casi sono nomi ricchi di significato mitologico o storico.

Le costellazioni rappresentano, in un certo senso, anche un rudimentale sistema di coordinate per identificare stelle, pianeti e tutti gli altri oggetti celesti, al posto delle scomode coordinate che abbiamo visto nelle pagine precedenti. Dire, ad esempio, che la grande nebulosa di Orione si trova nel mezzo della spada della costellazione di Orione è molto più esplicativo che darne le coordinate:

AR: 5h35m18.00s

DEC: :-05°23‘00.0!

Se il nostro occhio fosse in grado di misurare le distanze si accorgerebbe che le stelle di una costellazione non hanno nulla in comune, trovandosi spesso a distanze molto diverse le une dalle altre. È facile quindi dedurre che le costellazioni non sono delle associazioni fisiche di stelle, dei gruppi reali, ma solamente degli

accostamenti celesti casuali dovuti al nostro punto di osservazione nell'Universo.

Le costellazioni sono disegni immaginari decisi dall'uomo. In realtà le stelle di una costellazione non hanno nulla in comune, a cominciare dalla distanza.

Le 88 costellazioni sono tutte visibili solamente all'equatore, dove i poli celesti si trovano presso l'orizzonte e la rotazione della sfera celeste ci mostra tutto il cielo.

Mano a mano che saliamo di latitudine, spostandoci verso uno dei poli terrestri, aumenta l'altezza del polo nord celeste, fino a quando, proprio al polo nord, lo abbiamo a 90° di altezza rispetto all'orizzonte, ovvero allo zenit. In questo particolare punto possiamo vedere nel corso dell'anno solamente metà dell'intera sfera celeste; tutte le stelle cono circumpolari, poiché la rotazione avviene esattamente parallela all'orizzonte.

Quali sono le costellazioni più importanti e facili da

riconoscere?

Cassiopea, dalla tipica forma a W o M nel cielo verso nord, e il grande carro, asterismo facente parte della ben più estesa (e debole) costellazione dell'Orsa maggiore, sono disegni sempre visibili dalle località italiane.

Nel cielo invernale possiamo facilmente osservare, verso sud, una stella molto brillante: Sirio, la più splendente del cielo. Non lontano, un po' più a nord, possiamo vedere il quadrilatero di Orione, formato da 4 stelle brillanti e tre centrali a formare la cintura del gigante mitologico.

Conoscere le costellazioni e imparare a identificarle nel cielo è il primo passo per ogni appassionato, e per fare questo non occorre alcuno strumento, se non un cielo buio.

Fotografia a lunga esposizione che mostra la rotazione della sfera celeste attorno al polo nord celeste.

I corpi del Sistema Solare

Il Sole è la nostra stella, attorno alla quale orbitano tutti i pianeti del Sistema Solare, nonché l'oggetto più brillante del cielo. È alla sua luce che dobbiamo tutta la vita e i processi che ne permettono il sostentamento, quali il ciclo dell'acqua.

La luce solare è così intensa da non poter essere osservata direttamente, altrimenti i nostri occhi verrebbero seriamente danneggiati.

Con un opportuno filtro solare appositamente progettato, il Sole diventa uno spettacolo. Come tutte le stelle, si tratta di una gigantesca sfera di gas incandescente con una temperatura superficiale di 5500°C.

La Luna non è un pianeta ma il nostro unico satellite naturale.

La differenza tra pianeta e satellite è semplice: un pianeta ruota intorno al Sole, un satellite ruota intorno al proprio pianeta e, insieme a lui, anche intorno al Sole.

La Luna è l'oggetto a noi più vicino, distante in media 384000 km e quello che quindi ci appare più grande e luminoso nel cielo notturno. L'osservazione a occhio nudo mostra facilmente delle chiazze di tonalità più scura: si tratta dei cosiddetti mari, delle distese di lava risalenti a oltre 3 miliardi di anni fa. Come potete vedere, la parola “mare” non è da intendersi con il significato che di solito si usa sulla Terra!

La Luna al primo quarto, facile e meravigliosa da osservare, anche a occhio nudo.

I pianeti sono oggetti estremamente brillanti, alcuni molte volte più delle stelle più luminose, rendendosi quindi facilmente visibili a occhio nudo. Il problema è sapere dove si trovano. Molto spesso sono scambiati per stelle molto brillanti, o addirittura oggetti sconosciuti.

La luce che emettono è dovuta alla riflessione di quella solare.

Nessun pianeta brilla di luce propria. L'estrema luminosità di alcuni di essi, tra i quali Venere e Giove, è causata dalla loro vicinanza e all'efficiente riflessione della luce solare delle loro atmosfere. Se i pianeti si fossero trovati alla distanza della stella più vicina, sarebbero stati miliardi di volte meno luminosi, quindi del tutto invisibili.

Giove e Venere sono due fari molto più luminosi della più luminosa stella del cielo (Sirio), impossibili da non riconoscere.

Per individuare i pianeti in cielo esistono pochi ma buoni consigli:

1) La loro luminosità: Giove, Venere e Marte sono più brillanti di ogni stella, quindi facili da notare.
2) Non scintillano: Tutte le stelle, in misura diversa, presentano un fenomeno detto scintillazione. La loro immagine scintilla a causa della turbolenza della nostra atmosfera. I pianeti, invece, non presentano questo fenomeno: la loro luce è ferma e fissa come quella di un lontano faro (per sapere perché vedi il capitolo precedente).
3) Il loro movimento: contrariamente alle stelle, che restano in posizione fissa, i pianeti, soprattutto Marte, Venere e Mercurio, si muovono rapidamente cambiando posizione nel giro di qualche giorno o settimana.

Se vi capita di osservare una stella un po' strana, molto luminosa, con luce fissa e che cambia posizione nel cielo nel corso di qualche giorno, allora state sicuramente osservando un pianeta.

Sebbene si muovano nel cielo, la posizione di tutti i pianeti è fissata lungo una striscia sottile a cavallo dell'eclittica. È impossibile, ad esempio, osservare Giove vicino a Sirio o vicino alla stella Polare.

Quando la vostra conoscenza delle costellazioni zodiacali sarà buona, sarete subito in grado di identificare una "stella" che non dovrebbe esserci: in quel caso si tratta sicuramente di un pianeta.

I pianeti facilmente visibili a occhio nudo sono: Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno.

Mercurio e Venere sono detti pianeti interni, poiché la loro orbita è più vicina al Sole rispetto alla Terra. A causa di ciò, essi si mostrano sempre prospetticamente vicini al Sole, osservabili poco prima dell'alba o poco dopo il tramonto nella direzione della nostra stella.

Non troverete mai questi due pianeti alti in cielo a mezzanotte, al contrario degli altri.

Visto che la loro orbita è interna, essi manifestano il fenomeno delle fasi, in modo del tutto simile alla Luna.

Vi sono dei termini specifici per descrivere la posizione del pianeta interno rispetto alla Terra e di conseguenza alcune proprietà, quali fase, luminosità, diametro apparente e distanza dal nostro pianeta.

Il termine elongazione identifica generalmente la separazione angolare tra il Sole e il pianeta. È facile intuire che l'elongazione dei pianeti interni non potrà essere qualunque; ad esempio, non vedrò mai Venere con un'elongazione di 180°, vale a dire nella parte opposta dove si trova il Sole (opposizione).

Mercurio e Venere, nel loro tragitto intorno al Sole, raggiungono due momenti in cui la separazione angolare è

massima; questi momenti sono dette massime elongazioni. Durante le massime elongazioni est il pianeta si troverà ad est del Sole, quindi sarà visibile la sera dopo il tramonto. Viceversa, nelle elongazioni ovest esso sarà visibile prima dell'alba.

Durante le massime elongazioni la fase di Venere e Mercurio è prossima alla metà, del tutto simile alla Luna al primo o ultimo quarto.

Le congiunzioni si verificano quando la separazione (apparente) con il Sole è minima o addirittura nulla. In queste circostanze il pianeta è invisibile, poiché nascosto dalla luce solare.

Durante la congiunzione superiore il pianeta interno si trova esattamente dietro il Sole. Sebbene sia illuminato frontalmente, quindi con una fase del 100%, è molto difficile da scorgere.

Nella congiunzione inferiore il pianeta si trova tra la Terra e il Sole, nel punto più vicino al nostro pianeta e si presenta con una fase prossima allo 0%, quindi del tutto invisibile.

Ai fini dell'osservazione sono molto importanti gli istanti di massima elongazione.

Mercurio raggiunge massime elongazioni intorno ai 20°, mentre Venere fino a 48°. Poiché la rotazione terrestre ha una velocità angolare di 15° l'ora, Mercurio sarà visibile in cielo per circa un'ora prima che la luce del Sole lo inghiotta (all'alba) o scompaia sotto l'orizzonte (al tramonto). In effetti, benché molto luminoso (come Giove), Mercurio è molto difficile da osservare nel cielo.

Molto meglio per Venere, il quale può essere osservato anche fino a tre ore prima del sorgere del Sole o dopo il suo tramonto.

Venere, in alto, e Mercurio, in basso, sono i due pianeti interni, facili da osservare dopo il tramonto, o prima dell'alba.

Marte è il primo pianeta esterno che incontriamo.

Il suo tragitto nel cielo è molto diverso rispetto ai pianeti interni. In particolare è possibile osservarlo in ogni posizione dell'eclittica, con una fase quasi sempre piena.

Marte, infatti, non mostra più le fasi nette di Mercurio e Venere, sebbene data la vicinanza alla Terra quando dista 90° dal Sole (quadratura) mostra un vistoso effetto di fase, ma mai inferiore al 60%.

Il pianeta rosso, chiamato così per la sua tipica colorazione, si rende osservabile con profitto ogni 26 mesi, quando si trova vicino alla Terra e dalla parte opposta rispetto al Sole.

Questa configurazione geometrica è detta opposizione.

Tutti i pianeti esterni sono meglio osservabili in opposizione al Sole. In questi periodi si trovano vicino alla Terra, risultando quindi più grandi, più luminosi e sorgendo all'incirca quando il Sole tramonta. Marte sente molto l'effetto opposizione. Quando

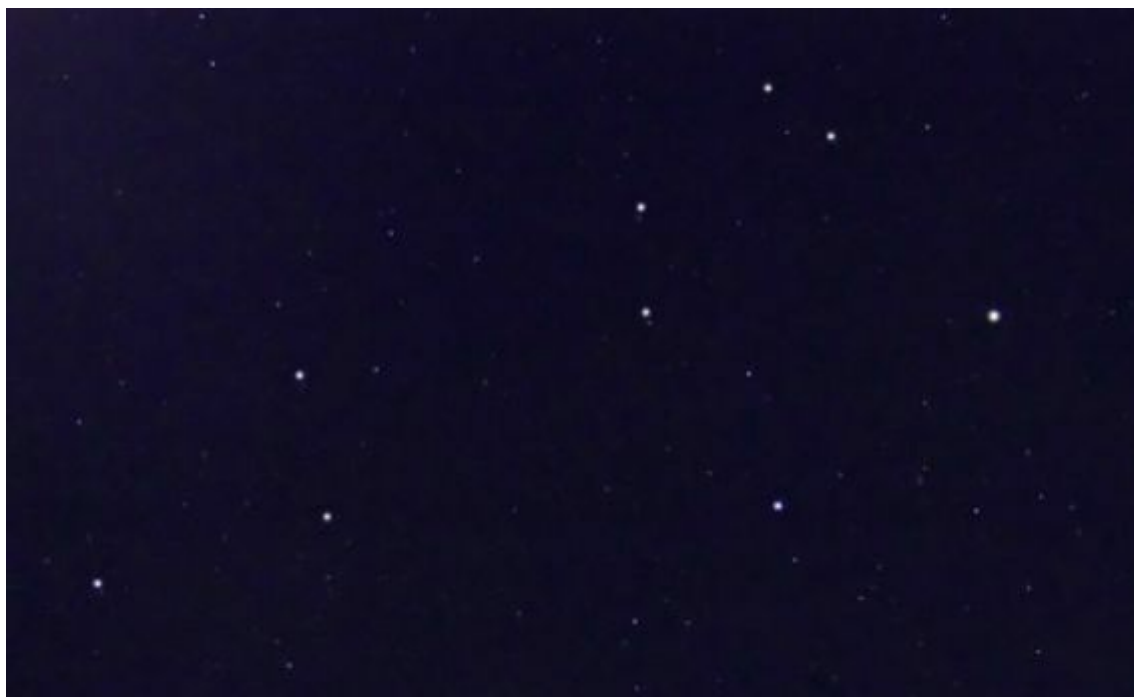
si trova lontano dalla Terra brilla come un'anonima stellina rossa, ma quando vi si avvicina acquista notevole luminosità, risultando a volte più luminoso di Giove, splendendo di un colore rosso inconfondibile.

Marte, il puntino rosso in alto a sinistra, nel 2007. In basso a destra, l'inconfondibile figura della costellazione di Orione.

Giove è il più grande e il più brillante dopo Venere. Può venire osservato a ogni orario e trovarsi in ogni punto dell'eclittica, poiché, come Marte e Saturno, è un pianeta esterno. La sua luce bianca e fissa è inconfondibile.

Giove brilla come una “stella” molto luminosa nel cielo ed è facilissimo da individuare.

Saturno è più difficile da individuare, poiché di luminosità paragonabile alle stelle più brillanti. La sua luce è di un colore leggermente tendente al giallo e brilla circa come la stella Vega, posta nella costellazione della Lira.

Il suo magnifico sistema di anelli non è osservabile a occhio nudo, ma vedremo come un piccolo telescopio riesca a immortalarlo splendidamente, lasciando senza fiato ogni osservatore.

Saturno ha una luminosità simile alla stella Vega, nella costellazione della Lira. In questa immagine, come appariva nel 2008, a destra della bellissima costellazione del Leone.

Urano e Nettuno sono troppo deboli per essere trovati a occhio nudo. Se avete un cielo davvero trasparente e una buona vista, nonché una precisa carta del cielo, potete individuare Urano brillare come una stellina di magnitudine 5,7, ai limiti della visibilità.

Oltre il Sistema Solare

Nei mesi invernali e soprattutto in quelli estivi è facile notare, se osservate da un cielo davvero buio, una lunga striscia simile a una nube attraversare tutta la sfera celeste.

Stiamo osservando la Via Lattea, la nostra galassia.

La luce che possiamo vedere è la somma di centinaia di migliaia di stelle troppo lontane per essere viste singolarmente.

La Terra e i pianeti ruotano intorno al Sole e tutti insieme fanno parte della Via Lattea o Galassia. La nostra Galassia è a forma di un disco sottile, sul quale si sviluppano degli addensamenti che assumono una forma a spirale, detti bracci a spirale. Noi ci troviamo in una posizione periferica, sul cosiddetto braccio di Orione.

Osservando lungo il disco, possiamo notare le stelle contenute in altri bracci: quello del Sagittario in estate e quello del Perseo in inverno. Perpendicolarmente ad essi notiamo una bassa densità di stelle e possiamo proiettarci verso mondi esterni, come le altre miliardi di galassie che popolano l'Universo.

La Via Lattea estiva, osservata da cieli davvero scuri, è una delle emozioni più grandi che si possa provare osservando a occhio nudo.

Il cielo è percorso da nord a sud da un fiume lattiginoso, interrotto da zone più scure prive di luce e stelle; l'effetto è simile a quello di un cielo solcato da sottili nubi, solamente che questa volta si tratta di un immenso tappeto di stelle!

Nei mesi invernali invece, si osservano molte stelle brillanti, alcune facilissime da identificare, come Sirio, la più luminosa di tutto il cielo, splendente in direzione sud, sud-est.

Poco sopra Sirio è visibile Orione, la costellazione forse più

appariscente, formata da quattro stelle che identificano un quadrilatero all'interno del quale si trovano tre stelle allineate e della stessa luminosità a formare la famosa cintura di Orione. Più in basso, all'interno del quadrilatero, sono visibili 3 stelline allineate verticalmente che identificano la spada. Se fate bene attenzione, quella centrale è un po' offuscata: in realtà non si tratta di una stella ma della famosa Grande Nebulosa di Orione, una distesa immensa di gas estremamente caldo, all'interno della quale stanno nascendo stelle e pianeti.

Benché difficile da credere, alcune nebulose sono facili da identificare anche a occhio nudo, sempre a patto di osservare da un cielo scuro. Oltre alla nebulosa di Orione, nel cielo estivo, in particolare nella costellazione del Sagittario, è possibile ammirare almeno 2 piccoli e deboli fiocchi: si tratta di altrettante nebulose, la più luminosa delle quali è senza dubbio M8, detta nebulosa Laguna.

Gli ammassi stellari sono concentrazioni più o meno dense di stelle, tutte gravitazionalmente legate le une alle altre (al contrario delle costellazioni che rappresentano figure artificiali).

Molti ammassi sono visibili e spettacolari anche a occhio nudo, come le Pleiadi e il doppio ammasso del Perseo, entrambi evidenti nelle fredde notti invernali.

Gli ammassi aperti si trovano nel disco della Via Lattea, sono generalmente costituiti da qualche centinaio di stelle piuttosto giovani e luminose e sono estesi anche il doppio del diametro apparente della Luna piena.

Gli ammassi globulari sono più distanti dalla Terra e si trovano nell'alone galattico, una zona fuori dal disco. Essi sono generalmente vecchi di 10-13 miliardi di anni e contengono

migliaia di deboli stelle strettamente avvolte. Alcuni di essi, come M22 ed M13, sono visibili a occhio nudo come piccole macchioline indistinte, simili a nebulose. È impossibile però identificare le singole stelle se non con l'ausilio di un telescopio. Il diametro apparente è leggermente inferiore a quello della Luna piena.

Tutte le stelle che si vedono nel cielo, nebulose e ammassi stellari fanno parte della nostra Galassia, la Via Lattea. Nell'Universo esistono decine di miliardi di altre galassie: tutte contengono miliardi di stelle, centinaia di ammassi stellari e migliaia di nebulose, forse anche milioni di sistemi solari.

Le galassie sono gli oggetti più lontani che possiamo osservare. Sono immense isole contenenti decine di miliardi di stelle, a volte centinaia. Alcune sono simili alla Via Lattea, a forma di disco, con i bracci a spirale, altre sono invece di forma quasi perfettamente sferica o ellittica. Sono oggetti molto difficili da osservare a occhio nudo, sebbene almeno un paio siano alla nostra portata. M31, detta anche galassia di Andromeda, ed M33 nella costellazione del Triangolo, hanno una superficie apparente decine di volte superiore a quella della Luna piena, identificabili come condensazioni allungate, simili alle nebulose.

Se vi trovate in un luogo buio e sapete identificare la costellazione di Andromeda, di certo non vi sfuggirà la galassia di Andromeda, un oggetto nebuloso di forma allungata: esso è l'oggetto più lontano che possiamo osservare a occhio nudo. Distanza: 2,3 milioni di anni luce. Pensate che la luce che osserviamo di questo oggetto è partita 2,3 milioni di anni fa, quando sulla Terra l'Homo Sapiens ancora non sarebbe comparso per oltre 2 milioni di anni. Naturalmente la situazione è reciproca: se da Andromeda ci fosse una civiltà talmente avanzata

da riuscire a osservare la Terra con potentissimi telescopi, non la vedrebbero come è oggi, ma come era 2,3 milioni di anni fa: completamente priva di ogni traccia umana.

La galassia di Andromeda (M31) è facilmente visibile a occhio nudo nell'omonima costellazione, nonostante una distanza di 2,3 milioni di anni luce.

Costellazioni

Questa rubrica è tratta dal libro: “La mia prima guida del cielo”.

Se avete un telescopio, magari da poco tempo, e volete cercare degli oggetti che non sapete come trovare, questa è la sezione che fa per voi.

Ogni mese, compatibilmente con il periodo dell’anno in cui verrà rilasciato il nuovo numero, troverete uno zoom su due costellazioni interessanti, con una mappa contenente stelle fino alla magnitudine 7 e oggetti fino alla magnitudine 11, una breve descrizione, un cenno ai racconti mitologici (qualora presenti) e una lista, completa di immagini e disegni, degli oggetti del cielo profondo più facili da osservare.

Tutti gli oggetti deep-sky elencati sono alla portata anche di un piccolo strumento da 10 centimetri di diametro e, se avete una buona vista e un cielo scuro, anche di un classico binocolo 10X50.

Non troverete immagini professionali, ma spesso disegni effettuati da altri osservatori con telescopi amatoriali. In questo modo spero di evitarvi il pericolo più grande dell’astronomia pratica: creare false aspettative.

L’osservazione visuale, infatti, non è neanche lontana parente della fotografia astronomica, in particolare per quanto riguarda i colori, quasi invisibili con qualsiasi telescopio si osservi. Ma l’idea di poter osservare con i propri occhi, attraverso il proprio strumento, e quasi toccare quell’indistinto batuffoletto irregolare, che in realtà è un oggetto reale posto a distanze inimmaginabili e di dimensioni inconcepibili appartenente a un Universo meravigliosamente perfetto, regala una soddisfazione che nessuna macchina fotografica o schermo di computer potranno mai regalare, né ora, né mai.

Virgo – Vergine	In meridiano alle 22 del 10 Maggio

Descrizione

L'unica figura femminile dello zodiaco, è stata identificata, nel corso dei secoli, con tante divinità.

Per i Babilonesi era Ishtar, dea della fertilità; per i Romani Astrea, dea della giustizia.

La vergine è rappresentata spesso come una figura femminile che tiene su una mano una spiga e sull'altra una bilancia, costituita dalla vicina costellazione.

La Vergine è una costellazione molto evidente nel cielo primaverile, ad est dell'imponente Leone. Riconoscerla non è difficile se si parte da Spica, la stella più brillante, la quale identifica proprio la spiga della vergine. Pensate che Spica è una stella oltre 2000 volte più luminosa del Sole.

Trovandoci lontano dal disco galattico, non possiamo aspettarci di trovare molti ammassi stellari e nebulose. La zona, in effetti, è povera di questi oggetti ma è estremamente ricca di galassie, grazie alla presenza dell'ammasso di galassie della Vergine, un gigantesco agglomerato composto da oltre 2000 galassie, tutte legate dalla forza di gravità, esattamente come le stelle di un ammasso stellare. Distante circa 65 milioni di anni luce, produce una forza di gravità così intensa che sta attirando a se anche la nostra galassia, alla velocità di circa 600 chilometri al secondo, senza che noi ce ne accorgiamo!

L'osservazione dell'ammasso di galassie della Vergine è entusiasmante da condurre con un telescopio, che vi mostrerà, nell'arco di una quindicina di gradi, decine di piccoli batuffoli, ognuno contenente decine, se non centinaia, di miliardi di stelle.

Oggetti principali

M84-86: Due galassie ellittiche molto vicine. M86 è più grande e leggermente allungata, mentre M84 è più compatta e di apparenza stellare. Sono alla portata anche di un binocolo da 50 mm, evidenti con uno da 80 mm. Al telescopio non mostrano dettagli, se non un alone maggiormente esteso ed evidente quanto più grande è il diametro dello strumento usato per

l’osservazione.

M87: Gigantesca galassia ellittica, contenente qualcosa come 1000 miliardi di stelle, con un’estensione pari alla distanza tra la Via Lattea ed Andromeda, è uno dei giganti del cielo. È visibile con ogni telescopio, ma come qualsiasi galassia ellittica è povera di dettagli, a prescindere dalla potenza dello strumento.

Un telescopio da 150-200 mm la mostra abbastanza staccata dal fondo cielo e dai confini indefiniti, come tutte le galassie ellittiche. Le fotografie condotte con gli stessi strumenti mostrano un enorme getto di materia uscire, a velocità prossime a quelle della luce, dal centro, nel quale si pensa si trovi un gigantesco buco nero di miliardi di masse solari. Nell’alone galattico sono evidenti centinaia, se non migliaia, di ammassi globulari. Si pensa che la galassia ne contenga oltre 10000! Siamo davvero di fronte a un mostro del cielo!

M49: La galassia ellittica più brillante dell’ammasso, visibile in tutti i telescopi, è priva di ogni dettaglio al di là di un nucleo brillante circondato da un alone diffuso.

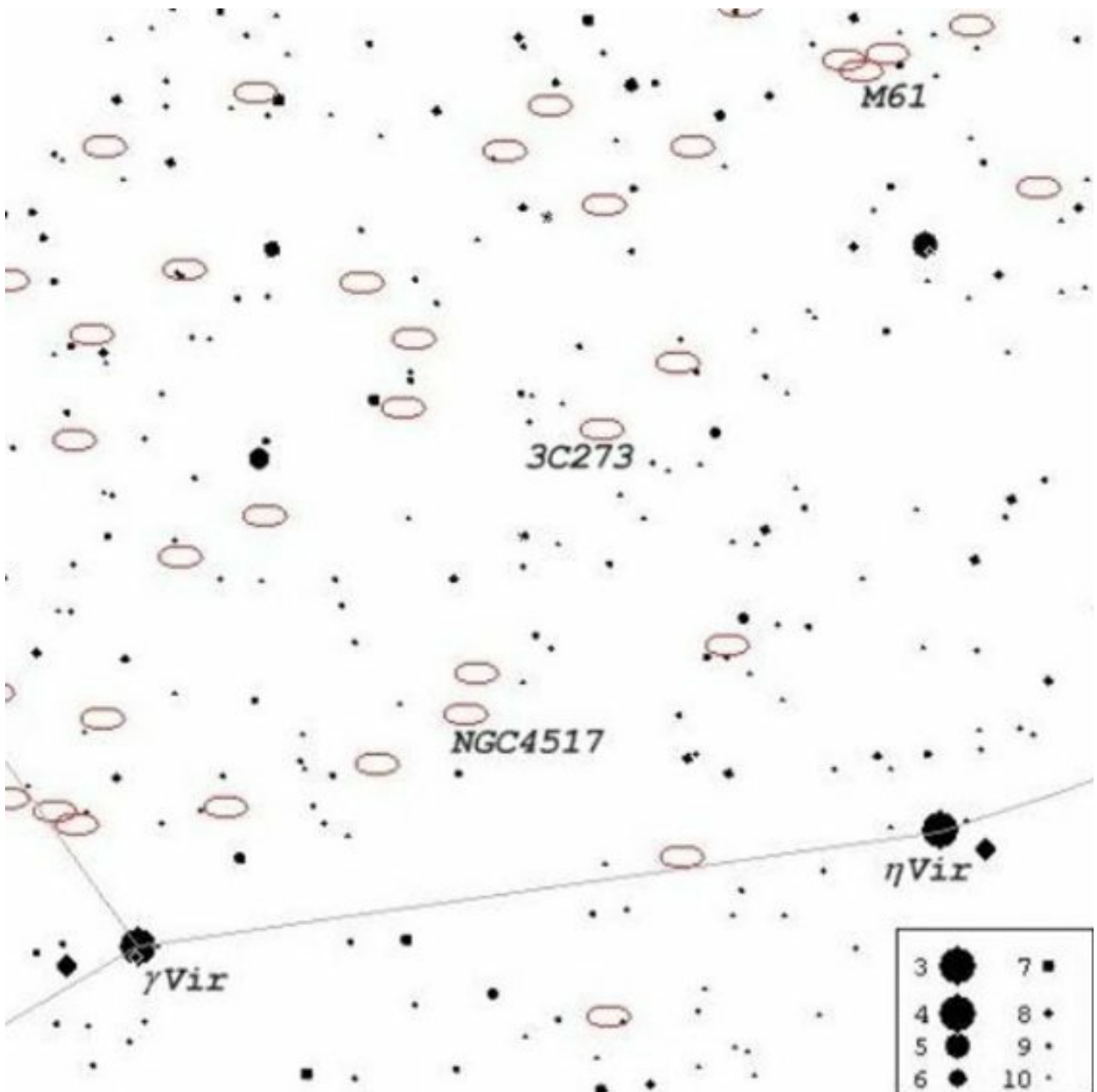
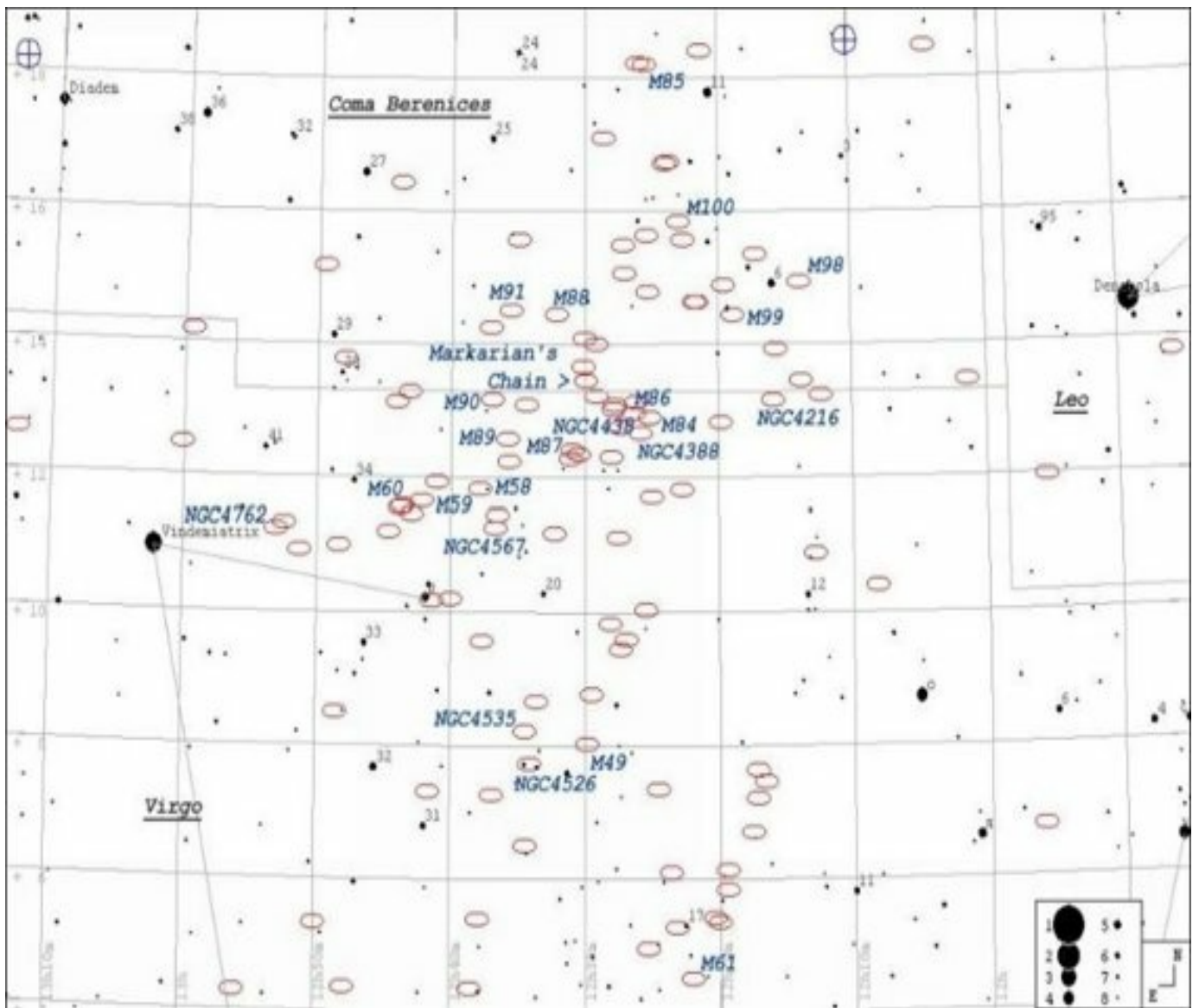
M104: Soprannominata galassia sombrero, è una spirale vista quasi esattamente di taglio, a sud dell’ammasso di cui forse non

ne fa parte. Nelle osservazioni ricorda la tipica forma del copricapo messicano. È evidente con piccoli strumenti da 90-100 mm, mostra la sua forma curiosa, dovuta alla banda di polveri che attraversa il disco, solamente a telescopi di 150 mm.

3C273: Questa strana sigla identifica il quasar (nucleo molto brillante di una galassia) più luminoso del cielo. Sfortunatamente è solo di tredicesima magnitudine, quindi alla portata di strumenti a partire da 200 mm, ma rappresenta l'oggetto più distante osservabile con un telescopio: ben 3 miliardi di anni luce!

La galassia ellittica M87 circondata da galassie minori, nel cuore dell'ammasso della Vergine, come appare all'oculare di un telescopio da 250

mm.

La galassia sombrero (M104) attraverso uno strumento da 200 mm mostra la forma caratteristica che le è valsa questo nome.

3C273 è l’oggetto più distante che si può osservare con telescopi amatoriali.

Mappa dell'ammasso di galassie della Vergine. Molte delle galassie sono osservabili addirittura con un binocolo, tutte con telescopi di 150-200 mm di diametro.

Ursa Major – Orsa maggiore	In meridiano alle 22 del 20 Aprile

Descrizione

L'Orsa maggiore è forse la costellazione più antica e conosciuta. Molti racconti riguardano le sette stelle più luminose, che definiscono la figura inconfondibile del grande carro, visibile a ogni ora nel cielo italiano.

Secondo un racconto Cherokee, il timone del carro rappresenta un gruppo di cacciatori all'inseguimento dell'orsa.

Secondo un racconto cinese, le stelle del carro formavano un recipiente per il razionamento e la distribuzione del cibo nei periodi di carestia.

Secondo la mitologia Greca, l'orsa rappresenta Callisto, amante di Zeus, tramutata in orso da Artemide, sentitasi ingannata perché Zeus per sedurre la fanciulla, sua protetta, aveva assunto le sue sembianze. Callisto fu quasi uccisa dal figlio avuto con Zeus, Arcade, ma Zeus e Artemide intervennero in tempo, salvandola, trasformando Arcade in Orso e ponendo entrambi in cielo. Callisto rappresenta quindi l'Orsa maggiore, il figlio la minore.

La costellazione dell'Orsa maggiore è spesso confusa con la figura del grande carro, che in realtà rappresenta solo una parte dell'intera e ben più estesa figura celeste. Il carro è facilissimo da individuare in ogni periodo dell'anno e contiene sette brillanti stelle visibili anche nelle luminose città. La figura dell'orsa è invece ben più difficile da individuare, ma con una buona mappa sarà solo questione di un paio di minuti.

Oggetti principali

M101: Grande galassia a spirale vista quasi di fronte, distante 16 milioni di anni luce. L'osservazione, come per tutte le galassie a spirale viste di faccia, non è per niente facile, tanto che si ha quasi l'impressione di osservare un fantasma che tende a scomparire alla minima luce nel cielo. Si avvista, molto debole, con un binocolo da 60-80 mm; è un obiettivo abbastanza facile per un telescopio da 150 mm, sebbene si mostri completamente priva di dettagli e con un nucleo molto diffuso.

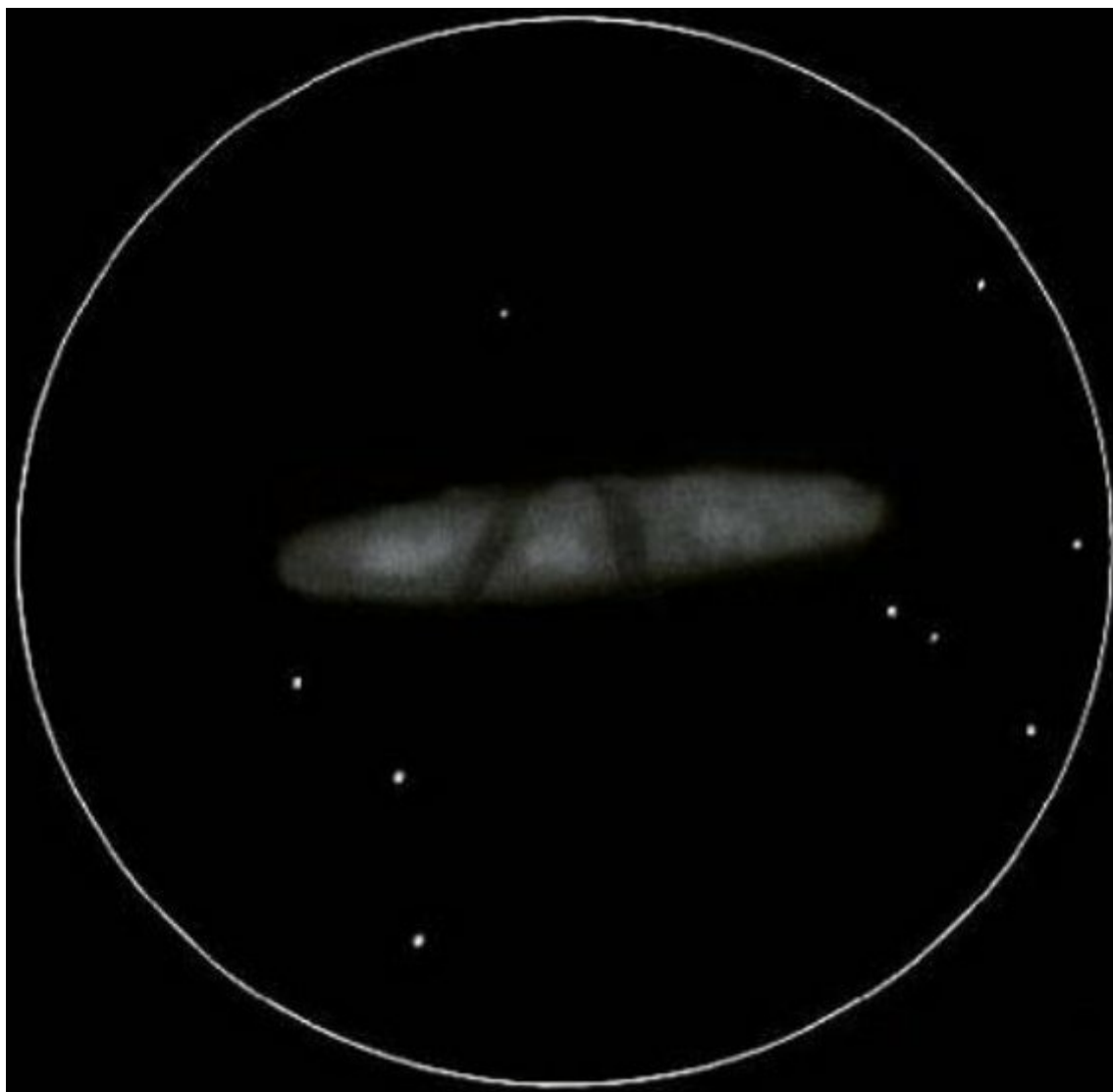
M81: Galassia a spirale vista quasi di fronte, piuttosto luminosa ed estesa quasi quanto la Luna piena. Facilissima da individuare anche con un binocolo, come molte galassie è avara di dettagli e mostra i suoi bracci solamente a telescopi di almeno 300 mm.

M82: Detta la galassia sigaro, appare prospetticamente molto vicina ad M81, tanto che possono essere inquadrate nello stesso campo di un binocolo o di un telescopio munito di un oculare a grande campo e modesto ingrandimento. Benché complessivamente meno luminosa di M81, è molto più facile da osservare poiché possiede una luminosità superficiale maggiore. Si individua con un binocolo da 50 mm e si mostra già evidente con strumenti di 100 mm. Un telescopio di diametro doppio, usato ad almeno 100 ingrandimenti, permette di notare qualche disomogeneità nel disco.

M97: Soprannominata nebulosa gufo, a causa di due zone meno luminose che le danno l'aspetto degli occhi dell'uccello

notturno (con molta fantasia!). È uno degli oggetti più difficili da osservare del catalogo compilato da Charles Messier nel XVII secolo. Nebulosa planetaria dal diametro abbastanza ampio per questa classe di oggetti, si avvista, seppur a fatica, con uno strumento di 90-100 mm. La forma simile a un gufo la rivela solamente a strumenti da 250, meglio 300 mm.

M109: Splendida galassia a spirale barrata, immediata da puntare a soli 40' ad est di γ (gamma) Ursae Majoris. Piuttosto difficile da osservare con strumenti inferiori ai 100 mm, rappresenta un facile bersaglio per telescopi di almeno 200 mm, mostrandosi visibilmente allungata.

Mizar: La seconda stella del timone del carro è una famosa stella doppia. Le due componenti principali, Mizar (la più luminosa) e Alcor si separano a occhio nudo. In realtà le due stelle costituiscono una doppia apparente, un avvicinamento dovuto alla prospettiva dell'osservatore. Un piccolo telescopio è in grado di mostrare la natura doppia, questa volta reale, di Mizar, con una separazione di circa 14,5".

La galassia sigaro M82 come appare all’oculare di un telescopio da 250 mm. A differenza di molte altre galassie è piuttosto luminosa e contrastata.

Fotografie a lunga esposizione effettuate con un telescopio da 250 mm di M109 (in alto) ed M81 (in basso) rivelano notevoli dettagli di questi oggetti. L'osservazione visuale, attraverso lo stesso strumento, è molto più povera di dettagli perché l'occhio, al contrario dei sensori digitali, non può allungare il tempo di esposizione.

Astrofotografia

Questa classica sezione sarà il contenitore nel quale convoglieranno preziosi consigli sul come intraprendere la difficile ma estremamente appagante strada della fotografia astronomica.

Inizieremo dal basso, da alcune semplici applicazioni, per poi giungere, insieme, alle tecniche necessarie per ottenere le splendide immagini che è possibile ammirare in rete.

Fotografare il colore delle stelle

La fotografia astronomica degli oggetti del cielo profondo è ricca di soddisfazioni e permette di catturare alcune tra le più belle gemme dell'Universo, superando di gran lunga i limiti dell'occhio umano.

Nella mia avventura in questa intrigante materia, mi sono accorto che la ripresa del cielo profondo soffre però di due problemi.

Il primo, evidente, riguarda le difficoltà da affrontare, soprattutto agli inizi.

Purtroppo catturare un'immagine del cielo richiede pazienza, strumentazione adeguata e la voglia di perdersi in concetti veramente poco chiari all'inizio, quali autoguida, calibrazione delle immagini, elaborazione.

Sono numerose le notti infruttuose spese cercando di far funzionare la propria strumentazione, senza vedere i risultati sperati.

Il secondo problema è più sottile, ma ci conduce direttamente al nocciolo di questo articolo.

Molte immagini mostrano splendide sfumature e tonalità degli oggetti diffusi, prime su tutte le nebulose, che possono regalare una gamma di colori veramente eccezionale.

Avete però notato che in ogni fotografia le stelle di campo appaiono quasi sempre come piccoli punti privi di colore, o al limite con tonalità poco evidenti?

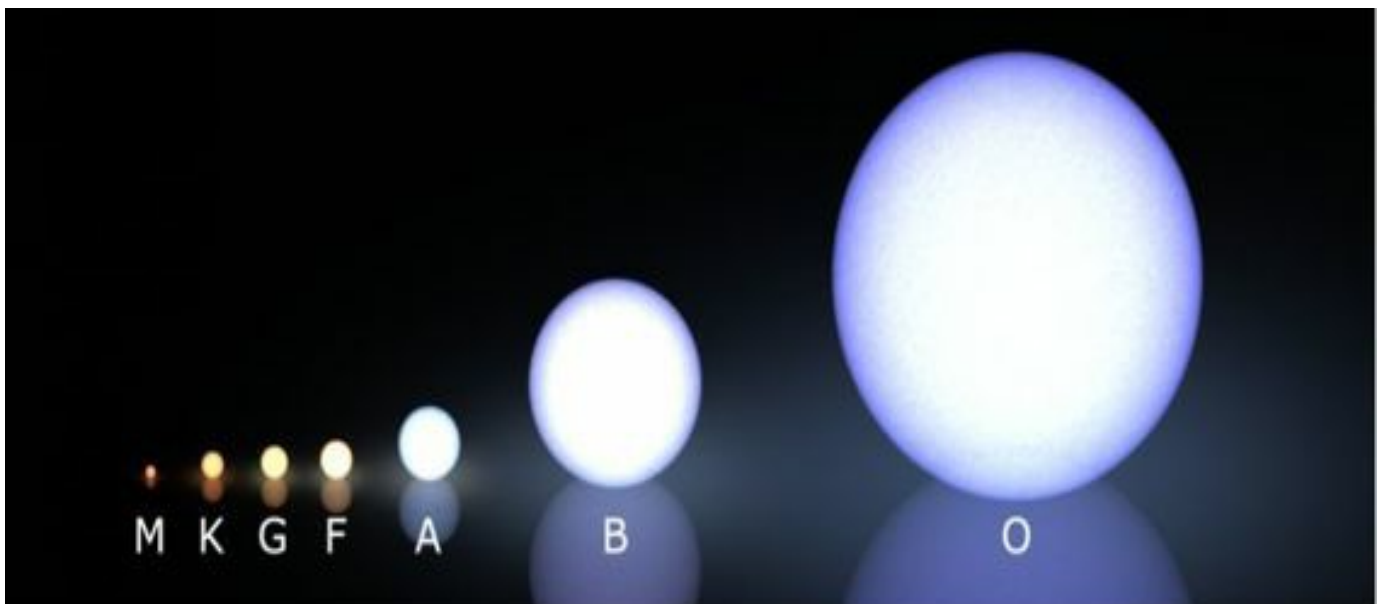
Il problema assume dimensioni poco piacevoli quando si riprendono ammassi aperti o le costellazioni a grande campo: le colorazioni degli astri sono sempre estremamente tenui e le immagini sembrano spente.

Eppure la teoria alla base delle proprietà dell'emissione stellare sembra essere piuttosto chiara a riguardo.

Le stelle sono colorate

Tutte le stelle possono essere infatti assimilate a degli oggetti ideali chiamati corpi neri, la cui teoria vedremo proprio tra qualche pagina.

Un corpo nero irradia energia lungo una grande regione dello spettro elettromagnetico, con un picco centrato su una particolare lunghezza d'onda, che dipende unicamente dalla sua temperatura.

Di conseguenza, stelle relativamente fredde (3000 K) emettono radiazione elettromagnetica con un massimo nella regione rossa dello spettro e dovrebbero quindi apparire rosse, mentre le più calde, attorno ai 35000 K, emettono gran parte della radiazione nel vicino ultravioletto, e all'occhio umano appaiono, o dovrebbero apparire, di un blu acceso. Nel mezzo abbiamo quasi tutte le tonalità possibili, dall'azzurro all'arancio, tranne, forse, il verde.

Classificazione stellare in base alla temperatura superficiale, quindi al colore.

Questa è, in breve, la teoria, ma nella pratica sono poche le stelle che ad occhio nudo mostrano una colorazione netta. Alcune

brillanti, come Antares nello Scorpione, Aldebaran nel Toro, o Betelgeuse in Orione, hanno tonalità arancio-rosse, mentre altre, come Vega, sono perfettamente bianche.

Possibile che su oltre 3000 astri visibili in un cielo mediamente scuro, solamente una manciata mostrano colorazioni, quasi esclusivamente tendenti al rosso?

Il problema in questo caso è da attribuire all'occhio umano. Le tonalità percepibili in condizioni di scarsa illuminazione sono molto poche e mai veramente evidenti.

Proprio per questo motivo si ricorre alla fotografia astronomica, capace di estrarre le colorazioni degli oggetti celesti: le splendide foto di galassie e nebulose che possiamo osservare ne sono la prova.

Se le cose migliorano molto con nebulose e galassie, perché le stelle, anche in fotografia, continuano ad apparire dei punti solo debolmente colorati, a volte addirittura meno evidenti rispetto all'osservazione visuale?

Il colore delle stelle può essere in qualche modo registrato dai nostri strumenti, oppure rimane uno di quei concetti teorici difficili da apprezzare nelle normali situazioni?

Dove sono finiti i colori delle stelle, ben visibili anche a occhio nudo sulla costellazione di Orione?

Un problema di sovraesposizione e dinamica

Il motivo per cui le stelle brillanti non rivelano facilmente le proprie colorazioni alla fotocamera è dovuto ad un problema che non siamo abituati a considerare in astronomia: al sensore arriva troppa luce!

I pixel dei sensori digitali hanno un limite alla massima quantità di luce che possono contenere. Quando il numero di fotoni incidenti è maggiore della capacità di raccolta, l'intensità luminosa raggiunge il livello di saturazione. Se un pixel arriva alla saturazione, si perdono tutte le informazioni sull'intensità luminosa e sul colore.

Se concentriamo i nostri sforzi nel riprendere deboli galassie o nebulose attraverso lunghe esposizioni, quasi tutte le stelle del campo saturano, perché molto più brillanti; di conseguenza non è visibile alcuna tonalità.

Potremmo allora pensare di accorciare le esposizioni per non saturare gli astri e rilevare in questo modo il loro colore.

Nella pratica, però, questa tecnica non funziona, perché i sensori amatoriali riescono a gestire al massimo differenze di luminosità di poche magnitudini. I campi stellari, o le semplici costellazioni, contengono stelle con differenze di luminosità di gran lunga maggiori. Ne consegue che se utilizzassimo un'esposizione breve, vedremmo solo una manciata di astri brillanti colorati, immersi in un campo quasi completamente buio.

Come se non bastasse, non abbiamo considerato il fatto che le stelle che non saturano il sensore si presentano solitamente di dimensioni estremamente ridotte, non più grandi di 2-3 pixel al massimo; il colore, se c'è, è sempre difficile da individuare in un

dischetto così piccolo.

Solamente gli astroimager più bravi, poco più di una dozzina in tutto il mondo, riescono a mostrare il colore delle stelle nelle loro immagini a lunga esposizione, ma per questo scopo sono richiesti spesso sensori CCD con ampia dinamica, tecniche di ripresa particolari e massicci interventi in fase di elaborazione. Personalmente non sono mai riuscito ad applicare con soddisfazione questo procedimento: le stelle delle mie immagini appaiono quasi sempre monocromatiche. Non sono però mai stato un tipo arrendevole, quindi ho cercato una tecnica alternativa per mostrare le colorazioni degli astri in modo semplice, veloce ed efficiente.

Strumentazione e tecnica

La ricerca non è stata in realtà particolarmente lunga. Sepolte nei miei ricordi adolescenziali, vi erano un paio di immagini estremamente affascinanti che mostravano perfettamente il colore delle stelle. Sfogliando le pagine di uno dei miei primi libri di astronomia, sono riuscito a risalire al padre di questa tecnica: il famoso astronomo australiano David Malin, che forse i più esperti ricorderanno per le stupende immagini riprese dall'Anglo-Australian Observatory negli anni 80 e 90.

Purtroppo la tecnica sviluppata da Malin è stata quasi completamente ignorata dagli amatori di quel tempo, probabilmente a causa dei limiti della vecchia pellicola fotografica, tanto che con il passare degli anni se ne è persa addirittura traccia.

Nei mesi passati, complici alcune serate estremamente limpide e gradevoli, ho potuto fare gli esperimenti necessari per renderla efficace alla moderna e più efficiente tecnologia digitale. I risultati ottenuti sono stati migliori di quelle vecchie immagini che da ragazzo ammiravo con gli occhi lucidi ed il cuore gonfio di felicità.

Se siete esperti di fotografia astronomica, dimenticate tutto quello che avete appreso: non vi servirà in questo caso. Se invece siete dei curiosi con il desiderio della fotografia del cielo, mai realizzato a causa della complessità della materia, tenetevi pronti perché è arrivato finalmente il momento di iniziare a scattare.

La strumentazione necessaria è davvero minimale.

Non servono super sensori CCD con filtri di ultima generazione, non è necessaria neanche una montatura equatoriale

motorizzata, ne apprendere difficili nozioni di elaborazione. Tutto quello di cui avete bisogno è una semplice reflex collegata a qualsiasi telescopio, o addirittura munita di un obiettivo fotografico, un supporto stabile e fisso, mezz'ora di tempo per prendere la mano la prima volta, un paio di minuti per le volte successive, un minuto al computer per un brevissimo passaggio elaborativo, fantasia e voglia di sperimentare.

Per riprendere il colore delle stelle dobbiamo aggirare i problemi del sensore che abbiamo visto in precedenza. In che modo?

Semplice: è sufficiente effettuare un'unica esposizione di un campo stellare scelto senza inseguimento siderale, variando delicatamente la messa a fuoco fino alla fine della posa.

La non compensazione del moto terrestre produce sul sensore le classiche tracce stellari. La sfocatura progressiva durante l'esposizione trasforma le tracce in tanti piccoli coni, la cui larghezza e lunghezza dipendono dal tempo di esposizione e dall'intensità della sfocatura.

In questo modo la nostra immagine contiene molta più dinamica rispetto ad una classica posa: le stelle più brillanti mostreranno il colore nella parte terminale del cono, quando la loro luce si sarà finalmente distribuita su un numero sufficientemente grande di pixel per evitare la saturazione. Le stelle più deboli avranno coni più stretti ma sempre colorati, soprattutto nella parte iniziale vicina al punto di fuoco.

La fase di elaborazione, spesso temuta ed odiata, è semplicissima, anche se importante. La saturazione dei colori delle stelle è per natura piuttosto contenuta. A questo però è facile porre rimedio con qualsiasi programma di elaborazione

delle immagini. E’ infatti sufficiente aumentare la saturazione del colore di almeno il 50% per far emergere finalmente un campo pieno di evidenti sfumature e affascinanti contrasti.

I colori delle stelle del doppio ammasso del Perseo, ripresi attraverso un rifrattore apocromatico da 106mm, Canon 450D e posa non inseguita di 90 secondi.

Qualche consiglio utile

Fin qui la teoria, che sembrerebbe facile ed efficace. Vediamo ora alcuni consigli pratici per non perdere tempo ed ottenere subito dei buoni risultati.

I colori delle stelle e l'estetica dell'immagine risultante dipendono dalla lunghezza e dalla larghezza dei coni stellari, quindi dalla focale di ripresa, dal tempo di esposizione, dall'intensità della sfocatura.

Le variabili in gioco sembrano complicare la nostra ripresa, ma questa è una delle rare e piacevoli situazioni nelle quali la pratica è molto più semplice di qualsiasi spiegazione.

Il consiglio principale, quindi, è quello di fare esperienza e dare sfogo alla vostra fantasia. Sono sufficienti pochi minuti ed un paio di tentativi per trovare già il giusto compromesso che soddisfa il vostro gusto estetico.

Alcune indicazioni potrebbero comunque rivelarsi utili.

Prima di tutto la focale da utilizzare.

Ci sono sostanzialmente due possibilità: la ripresa al telescopio di campi stretti, oppure delle costellazioni principali attraverso gli obiettivi delle reflex.

In questo secondo caso la durata dell'esposizione dovrebbe essere di circa 4-5 minuti (ma dipende anche dalla distanza dal polo), e la conseguente sfocatura, da effettuare manualmente, dovrebbe risultate piuttosto lenta. Data la fragilità costruttiva degli obiettivi economici, è necessario agire con delicatezza sulla ghiera di messa a fuoco e stare attenti a non muovere il supporto. Come sensibilità possiamo utilizzare i classici 800 ISO, con il diaframma dell'obiettivo aperto almeno ad f6.

I campi da riprendere sono quelli moderatamente affollati e

magari popolati da stelle di diverso colore. La costellazione di Orione è forse l'obiettivo migliore, ma anche il Pastore, con la rossa Arturo, o la piccola Lira, se si hanno obiettivi di focale maggiore di 50 mm. Nei pressi del centro della Via Lattea la concentrazione di stelle è probabilmente troppo elevata e rischia di impastare le immagini facendo fondere i vari coni stellari.

Se disponete di un telescopio, meglio se rifrattore, potete indirizzarvi sugli oggetti più indicati per questa esperienze: gli ammassi aperti.

Gli obiettivi per eccellenza sono le Pleiadi, M44 nel Presepe, tutti gli ammassi nell'Auriga, ma soprattutto il doppio ammasso del Perseo.

In questi casi è importante che lo strumento sia luminoso: maggiore luminosità implica maggiore profondità raggiungibile. Il rapido movimento della Terra sposta le stelle e rende quindi inutile aumentare il tempo di esposizione per mostrarne di più deboli; tutto è affidato al rapporto focale dello strumento e alla sensibilità della reflex.

Riprendendo con una focale inferiore ai 1000 mm (un ottimo valore è intorno ai 600 mm) e sensibilità di almeno 800 ISO, si possono mettere in evidenza i colori di centinaia di stelle.

I colori delle Pleiadi, ripresi con la stessa strumentazione e posa dell'immagine precedente.

La durata complessiva dell'esposizione raramente sarà superiore al minuto; di conseguenza, la messa a fuoco deve variare più velocemente rispetto alle riprese con gli obiettivi di corta focale. Anche in questo caso occorre usare la massima delicatezza affinché lo strumento non subisca vibrazioni. Se avete un focheggiatore elettrico usatelo, anche se questo accessorio non è indispensabile.

Vista la brevità delle esposizioni, non si rende neanche necessaria la ripresa dei dark frame. Solamente se siete dei perfezionisti e lavorate con un telescopio, potreste considerare l'acquisizione dei flat field.

Per ottenere immagini con minore rumore e con colori più fedeli, è consigliabile riprendere le in formato RAW.

Questo consente ai più esperti ed esigenti di effettuare in fase di elaborazione un bilanciamento del bianco che corregga le inevitabili dominanti di colore. Aiutandosi con un software planetario, si individua nel campo ripreso una stella di colore bianco, contraddistinta da un indice di colore pari a zero, o di classe spettrale A0. Un astro di questo tipo, di solito sempre presente, rappresenta il riferimento per il programma di elaborazione su cui effettuare un perfetto bilanciamento del bianco. L'operazione è semplice da eseguire, tanto che in alcuni programmi, come Iris e Maxim Dl è sufficiente selezionare la zona che dovrebbe risultare bianca per far bilanciare automaticamente tutta l'immagine. Questo passaggio, sebbene non fondamentale, è utile se si cercano colori corrispondenti il più possibile alla realtà.

Usare la fantasia

Una volta fatte le prime esperienze, ci possono essere molte varianti da sperimentare: l'unico limite è la vostra fantasia e crativitá.

Se utilizzate obiettivi dalla focale medio-corta, troverete senza dubbio interessante combinare la tecnica con quella della classica rotazione attorno al polo nord celeste. Sarebbe estremamente interessante effettuare un'esposizione di almeno 10 minuti attorno alla stella polare per mostrare la rotazione celeste ed i colori delle stelle limitrofe. Non ho trovato nessuna immagine di questo tipo; direi che questo è un motivo in più per provarci!

Una variante ai coni stellari è quella che produce le "clessidre". Invece di iniziare l'esposizione con l'immagine a fuoco per poi sfocarla, si parte da un abbondante fuori-fuoco. Durante l'esposizione si muove il focheggiatore fino a raggiungere la stessa intensità di sfocatura nella parte opposta. Le stelle non saranno più a forma di cono ma sembreranno proprio delle clessidre. A causa della maggiore lunghezza delle tracce, è consigliabile applicare questa variante in campi stellari poco affollati.

Cosa succede invece se si utilizza la tecnica con i telescopi ostruiti? In questo caso la forma delle tracce stellari (coni o clessidre) sarà ancora più particolare e forse interessante. Chi vuole essere il primo a sperimentare? E quali altri effetti sono possibili?

Un potente strumento didattico

Le immagini che possiamo riprendere in modo così semplice, oltre a deliziare il nostro senso estetico, contengono informazioni scientifiche molto utili dal punto di vista didattico.

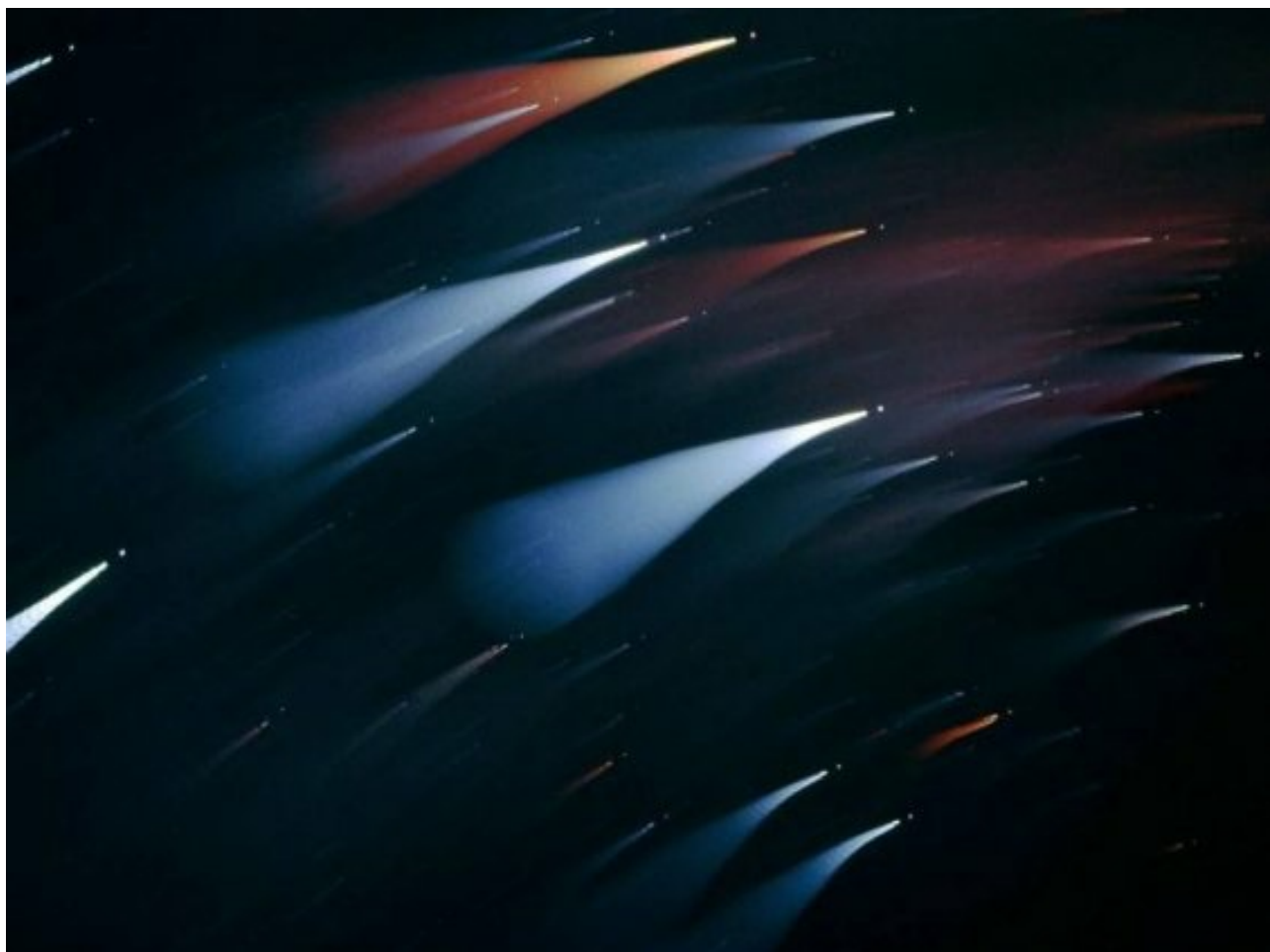
Se il bilanciamento dei colori è stato effettuato in modo oggettivo come descritto poche righe sopra, i diversi colori sono ottimi indicatori della temperatura superficiale, come accennato in apertura di questo articolo.

Se il campo è piuttosto ricco, vi saranno presenti tutte le classi stellari principali, dalle piccole e deboli stelle rosse alle grandi giganti blu. Confrontando la scala delle tonalità delle vostre immagini con quella teorica dei diversi tipi spettrali, è possibile stimare in modo abbastanza preciso le temperature superficiali di tutte le stelle del campo.

L'analisi dei colori delle stelle negli ammassi aperti ci fornisce molte più informazioni, tra cui una stima dell'età.

Le grandi stelle azzurre sono molto luminose e possono splendere per circa 200 milioni di anni, un tempo molto breve rispetto alle componenti gialle o rosse, la cui vita è di diversi miliardi di anni. Gli ammassi aperti sono concentrazioni di stelle gravitazionalmente legate, che quindi hanno un'origine comune e circa la stessa età. Bene, stimando la percentuale di stelle azzurre rispetto al totale, possiamo avere un'idea dell'età dei diversi ammassi stellari. Per esempio possiamo considerare le Pleiadi ed il doppio ammasso del Perseo. Quest'ultimo è ricco di stelle rosse, gialle e bianche e povero di astri azzurri. Le Pleiadi, al contrario, sono dominate da un gran numero di brillanti stelle azzurre. Possiamo concludere che l'ammasso del Perseo ha un'età superiore alle Pleiadi; queste ultime non possono avere

più di 200 milioni di anni, altrimenti le sette sorelle non esisterebbero più.

Se volete vedere ancora meglio come variano le abbondanze dei colori delle stelle con l'avanzare dell'età, vi consiglio di riprendere in queste notti di inizio primavera l'ammasso aperto M67 nella costellazione del Cancro e magari confrontarlo con i colori delle Pleiadi. Chi dei due è più vecchio secondo voi?

Colori e rotazione celeste centrata sulle stelle della Croce del Sud, ripresa dall'astrofilo tedesco Stefan Seip.

Ricerca amatoriale

Alcune parti di questa sezione sono tratte dal libro "Astrofisica per tutti: scoprire l'Universo con il proprio telescopio".

Se siete ormai degli astrofotografi del cielo con una certa

esperienza e molta voglia di portare al limite la vostra strumentazione, magari affrontando qualche divertente ed emozionante progetto di ricerca, questa è la sezione che fa per voi.

Qui, proprio come degli astronomi professionisti, partiremo alla scoperta di tutto quello che il nostro telescopio amatoriale, accoppiato ai moderni dispositivi di ripresa digitale, è in grado di regalarci oltre al mero imaging estetico.

Sapete, ad esempio, che moltissime stelle variabili oltre la magnitudine 10 non sono ancora state scoperte? O che è possibile osservare la traccia di un pianeta extrasolare distante centinaia di anni luce mentre attraversa il disco della propria stella? Senza contare poi la possibilità di scoprire asteroidi, comete, supernovae, fenomeni particolari nelle atmosfere dei pianeti.

Insomma, qui, con pazienza, determinazione e curiosità si va in prima persona alla scoperta dell'Universo.

Studio fotometrico di stelle variabili

Tipologia: Studio personale e ricerca

Descrizione

Studio fotometrico, possibilmente con un filtro fotometrico V o R, in fotometria differenziale, delle migliaia di stelle variabili scoperte ma non ancora caratterizzate a fondo

Perché

Il catalogo più importante di stelle variabili, il GCVS (General Catalog of variable Stars) contiene circa 40000 stelle variabili finora scoperte ed è in continuo aggiornamento. Gran parte di questi oggetti sono privi di uno studio approfondito che consenta di ricavare informazioni importanti quali periodo, eventuali outburst o peculiarità che possono essere molto importanti per la comunità astronomica, che sfortunatamente, non ha né le risorse, né il tempo per studiare in modo approfondito tutti questi oggetti. Ma non è tutto; l'astrofilo può, inoltre:

Tenere sotto controllo alcune variabili, soprattutto le irregolari, nel caso si verificasse un evento peculiare. Nell'eventualità egli deve darne notizia alla comunità astronomica. Se avrà scoperto qualcosa di nuovo e insolito gli verrà attribuito il merito;

Tenere sotto controllo le variazioni sul lungo periodo, generalmente maggiore di un anno, soprattutto delle delta-scuti e dei sistemi binari a eclisse. Un lavoro continuativo nel tempo manca totalmente e da esso si possono ricavare informazioni

molto preziose sulla variabilità e stabilità della stella.

Il lavoro dell'astrofilo, che dovrà rendere pubblici i dati ottenuti, è estremamente importante.

Strumentazione

La strumentazione è quella tipicamente fotometrica, ovvero:

- Telescopio da almeno 10 centimetri, di qualità ottica discreta. Non è importante una qualità eccellente. L'unica limitazione è nel non usare newton molto aperti (f3-4) senza un adatto correttore di coma;
- Camera CCD astronomica, quindi: monocromatica, raffreddata, possibilmente con controllo della temperatura, con risposta lineare, senza antiblooming. In alternativa si possono utilizzare anche le reflex digitali, ma l'accuratezza delle misure ne risentirà, producendo incertezze superiori a qualche centesimo di magnitudine, tipicamente dalle 5 alle 10 volte maggiori rispetto alle camere appositamente progettate per studi astronomici;
- Filtro fotometrico R. Questo accessorio è consigliato ma non indispensabile. L'utilizzo di tale filtro permette di corredare la curva di luce anche con un valore assoluto della magnitudine, partendo dalla differenza di magnitudini della curva di luce in fotometria differenziale e attenua il disturbo causato dalla nostra atmosfera;
- Software di riduzione fotometrica di una serie di immagini: Maxim DL (velocissimo), IRIS (lento ma forse più preciso);
- Software per le analisi fotometriche: unione delle diverse osservazioni, riduzioni e correzioni delle curve di luce, estrapolazione di dati quali periodo, profondità, ampiezza e relative incertezze. Un

programma che consente di fare tutto ciò è Peranso.

Basi fisiche

Le stelle variabili rappresentano un'opportunità unica per studiare in dettaglio quelli che sono gli abitanti principali dell'Universo. E' bene ricordare che il Sole è l'unica stella della quale disponiamo di sufficienti informazioni; le altre sono tutte troppo lontane per poter essere osservate direttamente. Gli unici dati che possiamo ricavare derivano dall'analisi della luce che ci inviano. Quando la luce che riceviamo varia nel tempo, abbiamo una moltitudine di informazioni per caratterizzare la stella.

La variazione della luce stellare è la conseguenza di qualche modificazione della sua struttura o dinamica e l'analisi attraverso la costruzione delle curve di luce, grafici che riportano la luminosità in funzione del tempo, permette di scoprire quale è la causa di questa variazione.

I tempi scala di variazione sono vari, così come varia è l'ampiezza e la regolarità della stella. Se si indaga la luce stellare con una certa precisione, migliore di 1/100 di magnitudine, scoprirete con molta sorpresa che sono davvero poche le stelle che non variano la propria luminosità nel giro di qualche giorno.

Il nostro stesso Sole, nonostante sia una stella appartenente alla sequenza principale, quindi stabile su un periodo di tempo piuttosto lungo, mostra variazioni di luminosità dovute alla presenza e rotazione delle macchie solari, diretta conseguenza dell'attività solare che ha un periodo di 11 anni. La luce della nostra stella mostra due periodi di variazione distinti; l'uno su scala giornaliera o settimanale, causato dalla presenza e rotazione sul disco delle macchie solari che tendono a diminuire la luminosità complessiva, e l'altro su scala decennale, causato dal fatto che nei periodi di minima attività la luminosità media

aumenta. Un osservatore alieno che studiasse fotometricamente la nostra stella, troverebbe questi due periodi di luminosità, con oscillazioni che portano ad ampiezze di circa 1/100 di magnitudine.

Poiché la nostra è una stella comune, come ce ne sono di miliardi nella Galassia, è lecito pensare che quasi tutti, se non tutti, gli oggetti stellari appartenenti alla sequenza principale hanno un comportamento simile.

A questi oggetti comuni dobbiamo aggiungercene altri più rari ed esotici, quali i sistemi doppi a eclisse e tutta la famiglia delle variabili intrinseche, stelle uscite o non ancora entrate nella fase di sequenza principale, che mostrano variazioni di luminosità notevoli e piuttosto regolari.

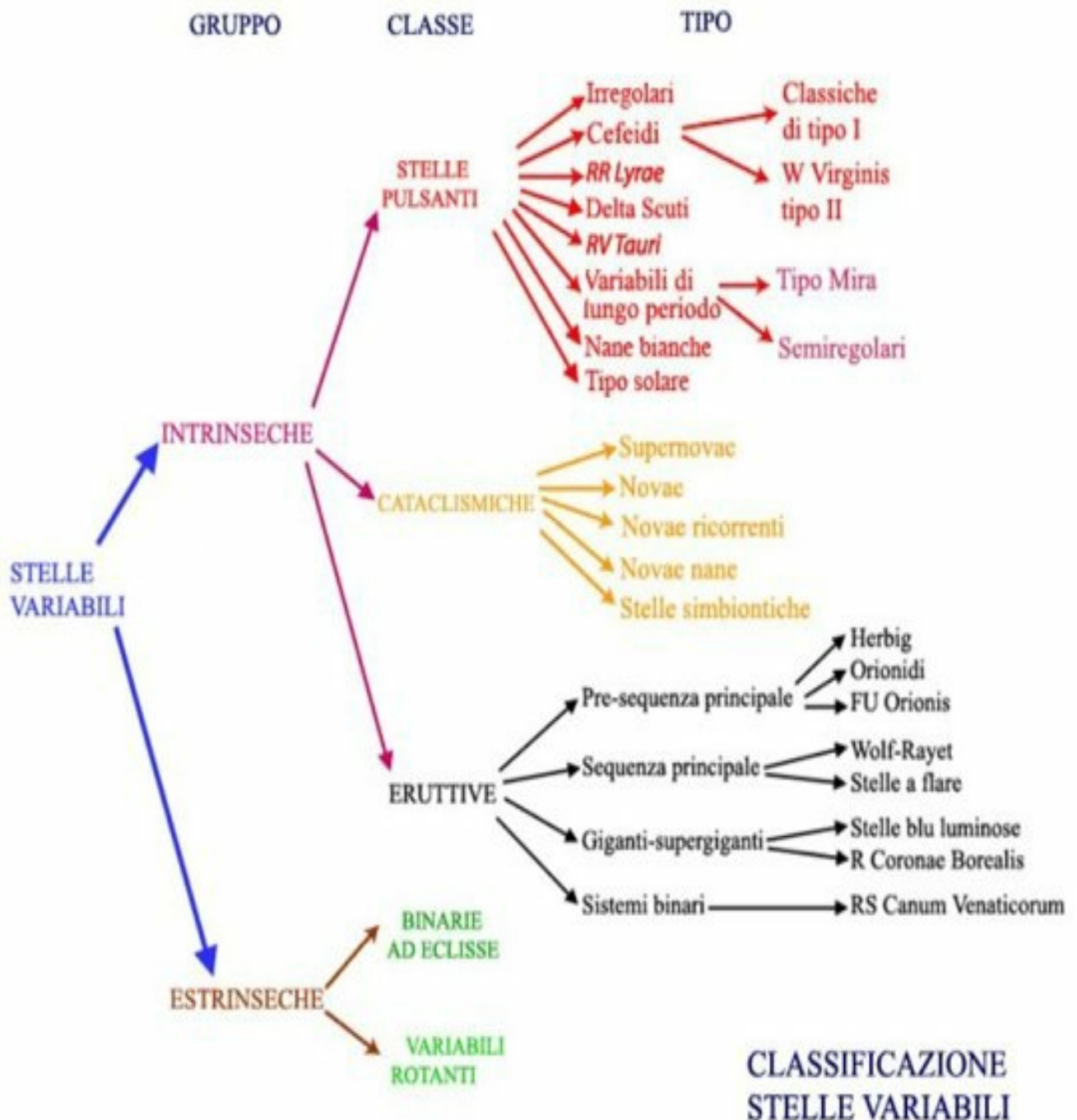
Si stima che il 50% delle stelle, ma forse anche un numero maggiore, siano variabili, cioè la loro luce, per qualche fenomeno fisico e/o cinematico, varia nel tempo; le prime sono definite variabili intrinseche, mentre le seconde estrinseche. La loro scoperta è stata quasi sempre appannaggio degli osservatori professionali fino a qualche decennio fa, poi la mano è passata agli astronomi amatoriali, poiché i professionisti non hanno ne le risorse ne il tempo per scoprire e classificare le migliaia di variabili presenti nel cielo.

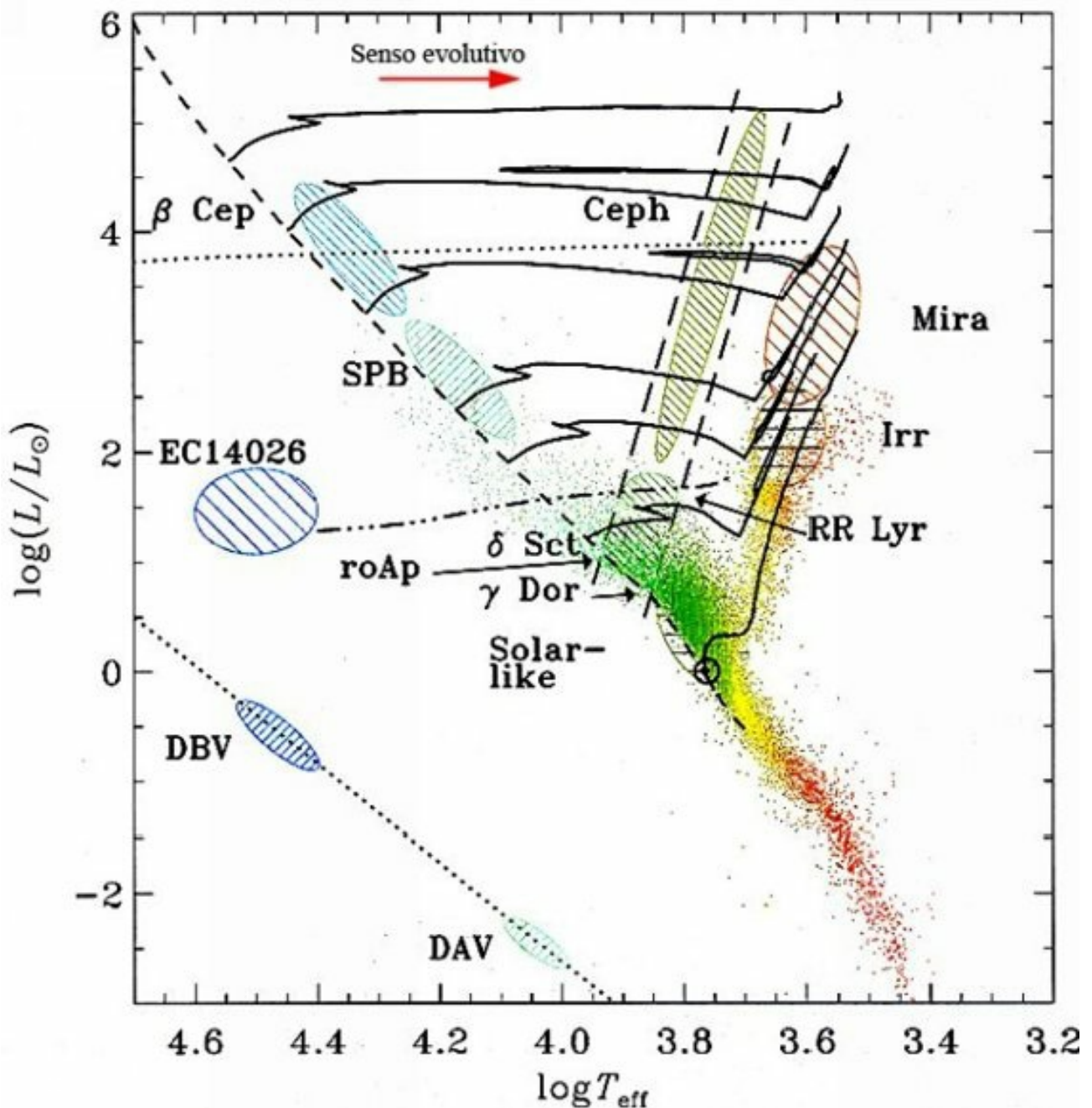
Perché una stella varia la propria luminosità? Quali meccanismi ci sono alla base?

Intanto, come in ogni indagine scientifica, bisogna analizzare molte di queste stelle e capire se il loro modo di variare luminosità sia sempre lo stesso; se la risposta fosse affermativa, è probabile che alla base ci sia un unico processo fisico.

Le cose naturalmente non sono così semplici: le variabili

intrinseche hanno molti modi per variare la loro luminosità e anche le estrinseche possono variare in due modi diversi, segno che ci sono almeno 2 diverse situazioni dinamiche.

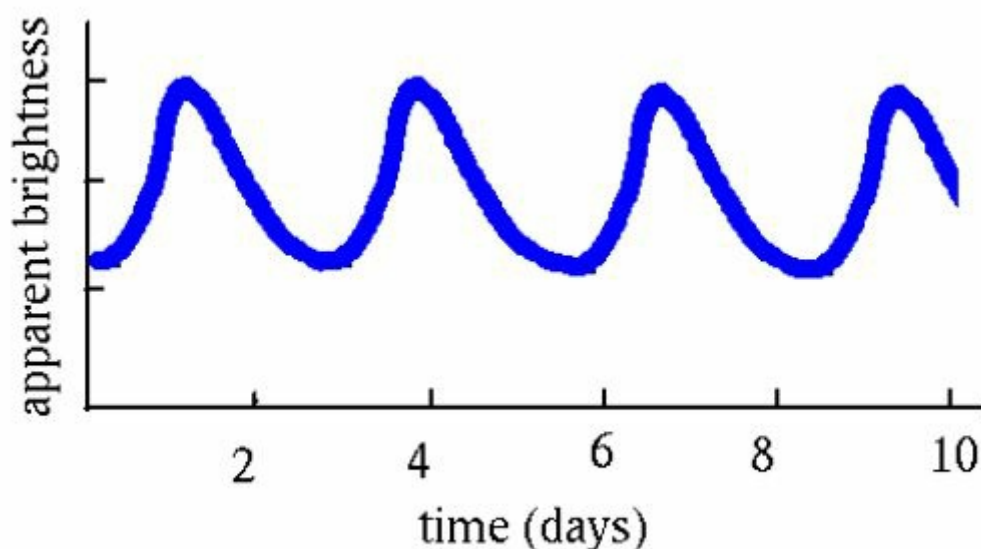
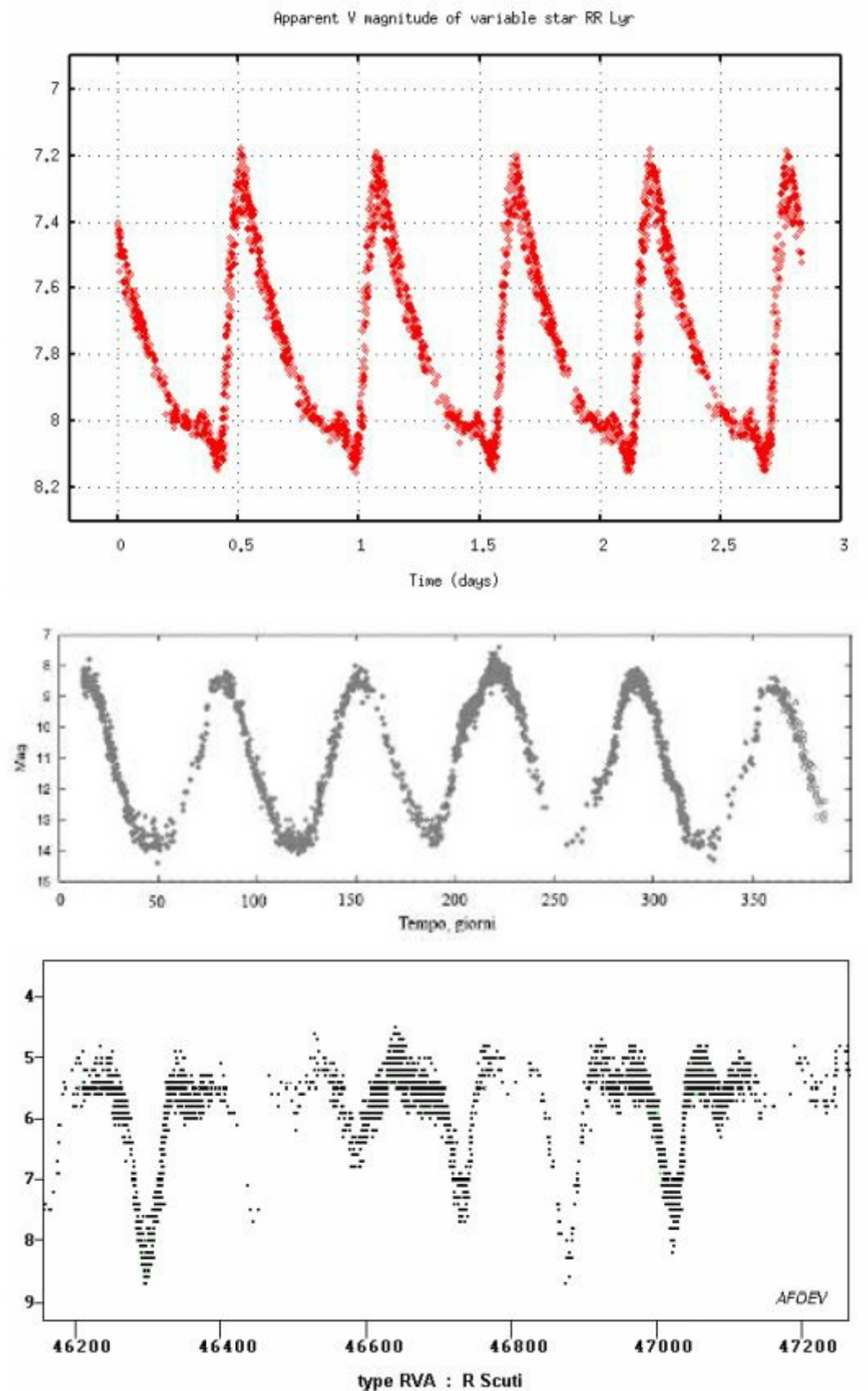
Uno schema dei principali tipi di variabili, raggruppati in 4 classi, è raffigurato nella pagina seguente.

Schema delle principali stelle variabili. Tutte appartengono a due grandi gruppi: intrinseche ed estrinseche. Le intrinseche sono le più interessanti perché alla base della variazione di luminosità vi sono profonde ragioni

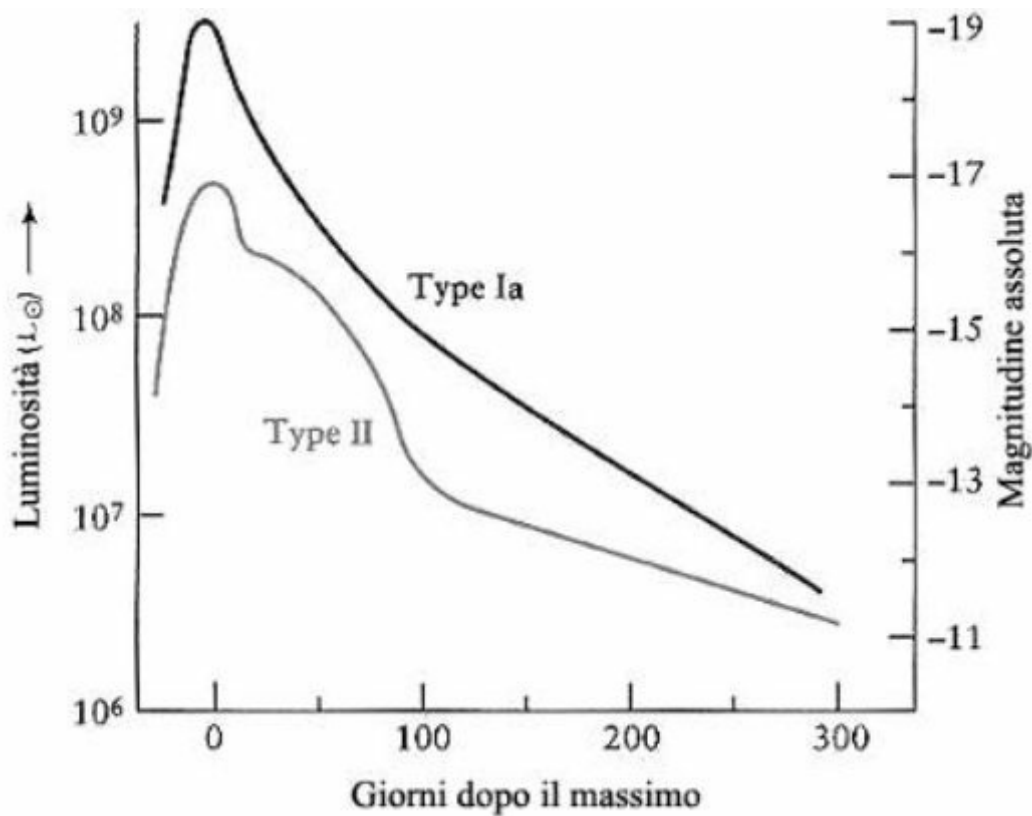
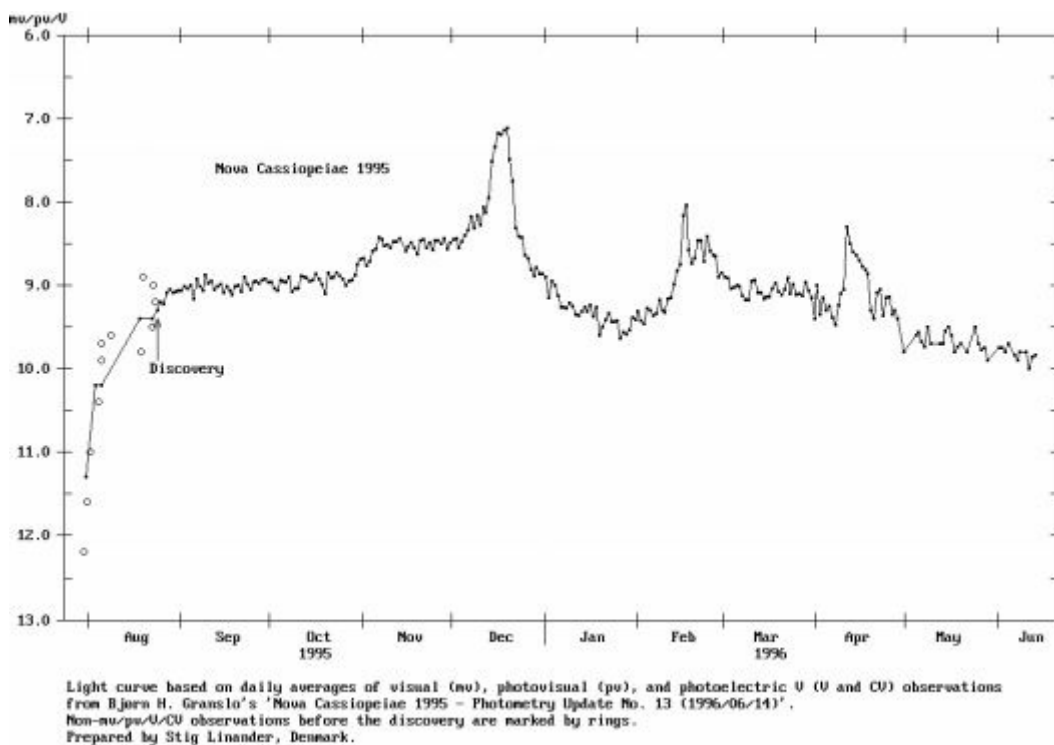
fisiche. Studiando la variazione di luce nel tempo è possibile risalire alla struttura e al comportamento della stella. Alcune variabili dette pulsanti sono molto importanti per la determinazione delle distanze, poiché il loro periodo di pulsazione è direttamente legato alla loro luminosità assoluta, che ci da informazioni dirette sulla distanza, attraverso il modulo di distanza.

Tutte le variabili pulsanti sono raggruppate in zone ben definite del diagramma HR, un grafico che riporta la luminosità assoluta in funzione della temperatura (o tipo spettrale). Quasi tutte le stelle pulsanti sono prossime alla fine della loro vita evolutiva, al di fuori della zona di stabilità chiamata sequenza principale.

Alcuni tipi sono estremamente interessanti, come le Cefeidi e le RR Lyrae, stelle il cui periodo di pulsazione è proporzionale alla loro luminosità assoluta e sono quindi utilizzate come indicatori di distanza, o in termini più astronomici, come candele standard. Misurando il periodo di pulsazione di queste stelle e la loro magnitudine apparente, siamo in grado avere informazioni dirette sulla loro distanza, per questo la loro scoperta e studio è ancora più importante rispetto alle altre.

Proprio studiando le variabili Cefeidi e applicando la relazione periodio-luminosità, che Hubble scoprì la natura extragalattica della grande nebulosa di Andromeda, oggi conosciuta come la galassia di Andromeda.

Spesso le variabili sono stelle giunte alla fine della loro vita e attraversano diverse fasi prima di morire definitivamente, in cui la loro forma varia: siamo di fronte a stelle pulsanti.

Lo studio e la scoperta di nuovi oggetti permette agli astronomi di avere dati a sufficienza per poter mettere alla prova i modelli evolutivi e la scala di distanze dell'Universo, per questo esse rivestono un ruolo importante. Non di rado poi, alcuni di questi corpi rivelano la loro natura peculiare.

Quattro tipi di stelle pulsanti. Dall'alto in basso: andamento tipico di una Cefeide; una RR Lyrae; una stella di tipo Mira; una semiregolare.

Relazione periodo-luminosità per alcune variabili pulsanti. Dal periodo di pulsazione si può risalire alla loro luminosità assoluta, quindi alla loro distanza, conoscendo la magnitudine apparente. La corretta calibrazione ella relazione per queste “candele standard” è fondamentale per la misura di tutte le distanze dell’Universo.

Le più famose variabili cataclismiche: le supernovae, esplosioni di stelle almeno 8 volte più massicce del Sole (tipo II) che liberano più energia di una galassia.

Le novae sono variabili cataclismiche meno violente delle supernovae. Una nana bianca in un sistema doppio accresce massa che genera esplosioni superficiali.

Tecnica di acquisizione

Studiare fotometricamente una stella variabile può richiedere molto tempo e soprattutto, per analisi successive rigorose e precise, occorrono molti dati fotometrici da analizzare. L'intervallo di variabilità delle stelle è compreso tra qualche ora e qualche mese, addirittura anni. Alcune componenti sono estremamente complesse, mostrano periodicità multiple che raramente vengono messe in evidenza da studi professionali, poiché richiedono tempi di studio di qualche mese.

Secondo quanto detto, il consiglio è quello di concentrarsi su poche stelle variabili, diciamo una decina, da seguire per almeno da qualche mese a un anno. Il campionamento temporale delle riprese dipende dal periodo di variazione. Stelle come le delta scuti, che variano generalmente in poche ore, possono essere seguite per circa una trentina di nottate in un periodo sparso tra 2 e 4 mesi. Variabili a lungo periodo, come le Mira, devono essere seguite almeno per due anni, raccogliendo sempre una trentina di sessioni fotometriche: per sessione fotometrica si intende una serie di dati, almeno una trentina, acquisiti nel corso di una nottata osservativa.

La parte più delicata della fase di acquisizione è proprio questa; una volta stabilità, si procede ad accumulare dati fotometrici di elevata precisione.

Non mancate si seguire la vostra stella anche nel corso degli anni e capire se la variabilità è restata costante è la stessa ha subito profondi mutamenti. Quasi tutte le variabili, infatti, si trovano in una fase instabile della loro vita e non è sa escludere che possano cambiare comportamento già nel giro di pochi anni. Se ciò venisse confermato con dati precisi, gli astronomi

avrebbero informazioni preziosissime per affinare la conoscenza dei modi di variazione e dell'evoluzione della stella o del sistema binario stesso.

Quali variabili tenere sotto controllo? Il sito dell'AAVSO (www.aavso.org) spesso dirama consigli e una lista di oggetti interessanti; sullo stesso portale potrete accedere a numerosi dati e capire quali variabili richiedono maggiori osservazioni.

A titolo indicativo, concentratevi sulle variabili poco luminose, dalla magnitudine 10 in poi, poiché questi sono sicuramente oggetti meno studiati di quelli più brillanti. La vostra attenzione dovrebbe ricadere sulle delta-scuti e le irregolari. Una famiglia di delta-scuti mostra periodi di variazione multipli, sintomo che la stella pulsa con oscillazioni non radiali, ovvero in modo non simmetrico. L'identificazione di questi oggetti, che richiede tempo e molti dati, è molto preziosa per gli astronomi poiché permette loro di studiare la struttura stellare, analogamente a quanto i geologi fanno con lo studio delle onde sismiche che si propagano sul nostro pianeta.

Le variabili irregolari, invece, sono da tenere sotto osservazione proprio per la loro irregolarità, che non si può prevedere e che può riservare delle sorprese.

Una volta scelti i candidati, seguiteli fotometricamente, in alta precisione, in modo da ottenere almeno 30-50 dati fotometrici per sessione.

Se utilizzate un filtro fotometrico V o, meglio R, sarete avvantaggiati perché dalla successiva analisi in fotometria differenziale potrete ricavare la magnitudine (quasi) esatta) della stella, un valore apprezzato dagli astronomi, anche se indifferente ai fini dello studio della curva di luce.

Riduzione dei dati

In ogni studio fotometrico, la riduzione e l'analisi dei dati si divide in due fasi distinte:

- Costruzione della curva di luce;
- Interpretazione attraverso algoritmi e procedimenti di calcolo.

La costruzione della curva di luce, ovvero la riduzione fotometrica vera e propria, si esegue secondo la tecnica standard, per ogni sessione fotometrica, ovvero: calibrazione con master dark e master flat di ogni immagine e costruzione della curva di luce in fotometria differenziale, scegliendo opportunamente le aperture e le immagini migliori. Questa fase può essere fatta con Maxim Dl, IRIS, IRAF, insomma, ogni programma che permette di creare una curva di luce.

Prima di passare alla fase di interpretazione, bisogna fare qualche controllo sulle curve di luce

Per evitare la presenza di errori, controllate l'affidabilità delle curve di luce considerando una check star, ovvero l'andamento di una stella del campo che non mostra variabilità. Se l'andamento di questa stella è costante, allora le stelle di riferimento sono adatte. Per sicurezza ottenere la curva di luce della variabile anche con diverse scelte delle stelle di riferimento cambiando il numero e/o le stelle); in questo caso, cambiando l'ordine degli addendi il risultato non deve assolutamente cambiare! Appurato che ogni scelta di stelle di riferimento da lo stesso andamento per la variabile e la stella di controllo (check), scegliete, per la curva di luce definitiva, la combinazione di stelle di paragone che vi da la minima dispersione dei dati, ovvero il minimo errore. Segnate bene la posizione e il numero di queste stelle, poiché dovrete

utilizzare sempre queste ogni volta deciderete di seguire questa variabile.

La fase di interpretazione dei dati prevede di raccogliere e unire tutti i dati delle sessioni fotometriche e analizzarli alla ricerca di ciò che ci interessa, ovvero: periodo, eventuali periodi multipli, andamento generale, ampiezza delle oscillazioni.

Per estrapolare queste informazioni occorre disporre di tutti i dati, i quali vanno poi normalizzati. In ogni sessione fotometrica, infatti, la luminosità della stella è espressa in termini di differenza di magnitudini rispetto alle stelle di paragone. Se si considerano stelle di paragone diverse per ogni sessione fotometrica, le singole curve di luce saranno sfasate di un certo intervallo. Per rendere meno invasivo il salto tra le diverse sessioni fotometriche, sarebbe saggio utilizzare per la misurazione sempre le stesse stelle di paragone. Anche in questa circostanza, però, il problema dello sfasamento dei dati fotometrici resta. Questo non dipende chiaramente dalla stella ma si tratta di un artefatto che va corretto prima di procedere a qualsiasi altro lavoro.

Le tecniche per la correzione sono tre:

- Andare a occhio: se la variabile è regolare, si calcola la differenza di magnitudini di due picchi nelle due sessioni fotometriche da unire e si correggono tutti i dati dalla seconda sottraendovi la differenza di magnitudine con la prima. Questo è un metodo piuttosto spartano che non è molto consigliato;
- Se i dati di una sessione contengono più periodi di variabilità della stella, e le sessioni seguenti hanno durata simile, possiamo, attraverso un software, far calcolare la magnitudine media di ogni sessione

fotometrica e portare questo valore a zero. In questi casi le curve di luce verranno sovrapposte in modo perfetto e normalizzate. Questo procedimento, però, si può ottenere solamente quando si hanno dati che coprono almeno due periodi di variazione della variabile, altrimenti porta a errori inaccettabili;

- Il solito compromesso: per quando possibile, è bene effettuare sessioni fotometriche con un setup uguale, ovvero: stessi filtri, stesso strumento, stessa orientazione della camera di ripresa, stessa posizione dell'oggetto da studiare sul sensore. Inoltre, nella fase di costruzione delle curve di luce si scelgono le stesse stelle di riferimento. In questi casi lo sfasamento delle sessioni fotometriche sarà minimo e si potrà correggere costruendo le curve di luce di una check star, con le stesse stelle di paragone. In altre parole, oltre all'oggetto da studiare, si costruiscono le curve di luce di una stella non variabile, possibilmente angolarmente vicina a quella da studiare, e si analizza l'andamento. Lo sfasamento delle sessioni fotometriche di questa sarà interamente dovuto ad artefatti e non contaminato anche dalla variabilità della stella. Calcolando le magnitudini medie delle sessioni, possiamo capire qual è l'entità dello sfasamento (offset in inglese) e applicare la correzione anche alle curve di luce contenenti la stella da analizzare. Questo metodo è l'unico che permette di unire più sessioni fotometriche con una precisione notevole e andrebbe applicato in tutti i casi. La costruzione delle curve di una stella di riferimento non

variabile è molto utile, anche perché conferma la bontà delle stelle scelte come riferimento per la fotometria della variabile.

Una volta unite tutte le osservazioni, possiamo procedere alla fase di estrapolazione dei dati. Analizzate la curva di luce alla ricerca di qualche picco anomalo; in caso contrario, dobbiamo procedere a un'analisi più profonda, quella del periodo, per determinare il periodo di variazione e l'eventuale presenza di periodi multipli.

L'analisi del periodo non si fa generalmente a mano, poiché richiede calcoli complessi e lunghi, che fanno uso della trasformata di Fourier, un potente mezzo di indagine alla ricerca di segnali periodici in una famiglia di misurazioni. Un software molto potente è Peranso, il quale, con pochi click, permette di realizzare un'approfondita analisi del periodo.

Quando l'analisi è completa e avete a disposizione tutti i dati: periodo principale, eventuali periodi multipli, curva di luce totale in fase anziché in tempo, ampiezza delle oscillazioni, controllate sul web se lo studio da voi condotto coincide con quanto si può trovare negli articoli scientifici riguardanti la variabile. I luoghi dove cercare sono l'AAVSO e il IBVS (International Bulletin on Variable Star), nei quali vengono pubblicati i lavori sulle variabili. Se avete scelto una variabile che non è stata studiata, potete considerare la compilazione di un report da inviare a queste due associazioni; se avete studiato una variabile già indagata ma non a fondo e siete arrivati a delle conclusioni che migliorano o ampliano il lavoro fatto dagli altri, siete invitati ad approfondire meglio la conoscenza e lo studio della stella acquisendo altri dati, magari coordinandovi con altri astrofili o astronomi. Se le altre osservazioni confermano il vostro studio,

allora procedete alla compilazione di un report (o fatevi aiutare) da inviare preferibilmente prima all'IBVS e in seguito anche all'AAVSO.

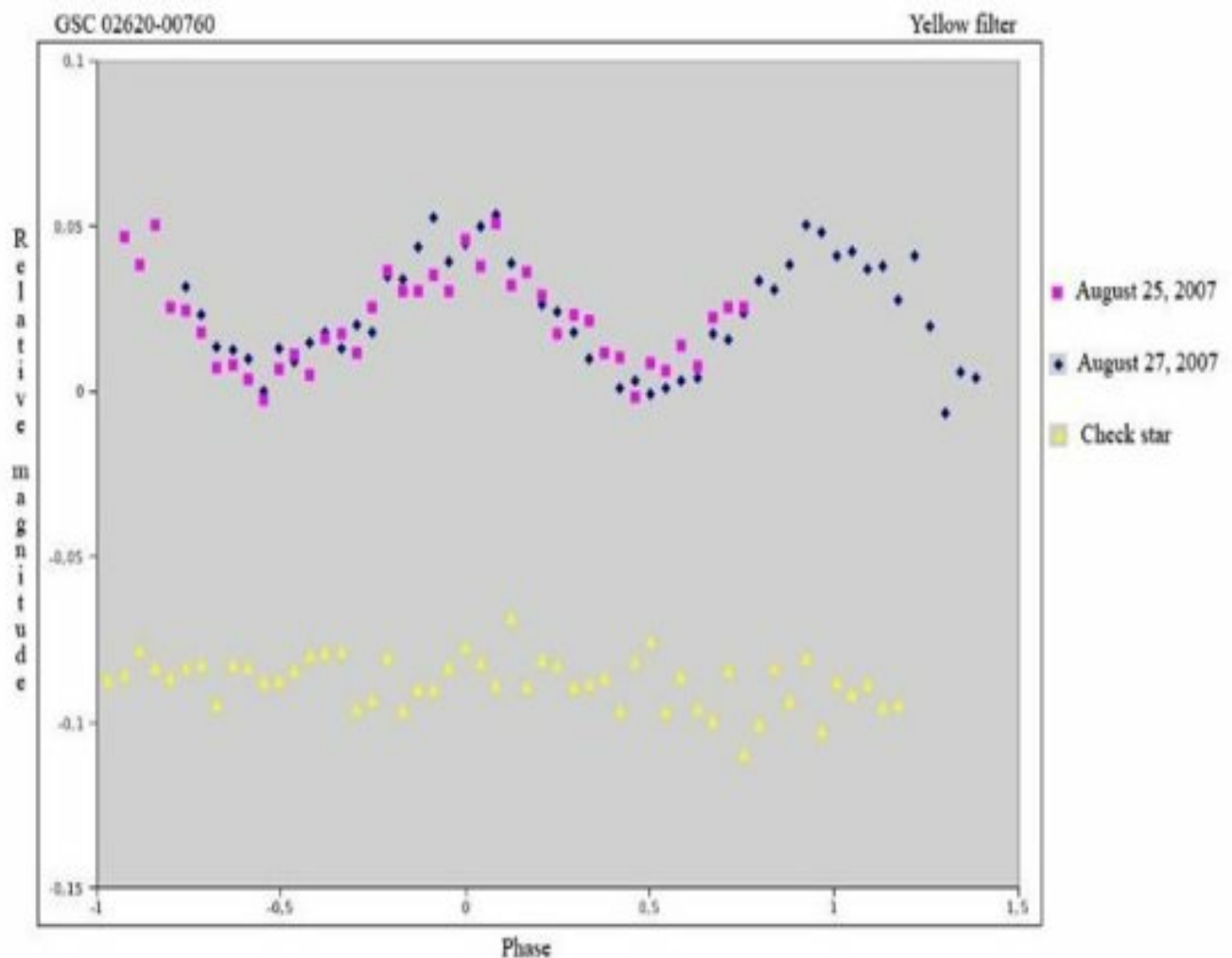
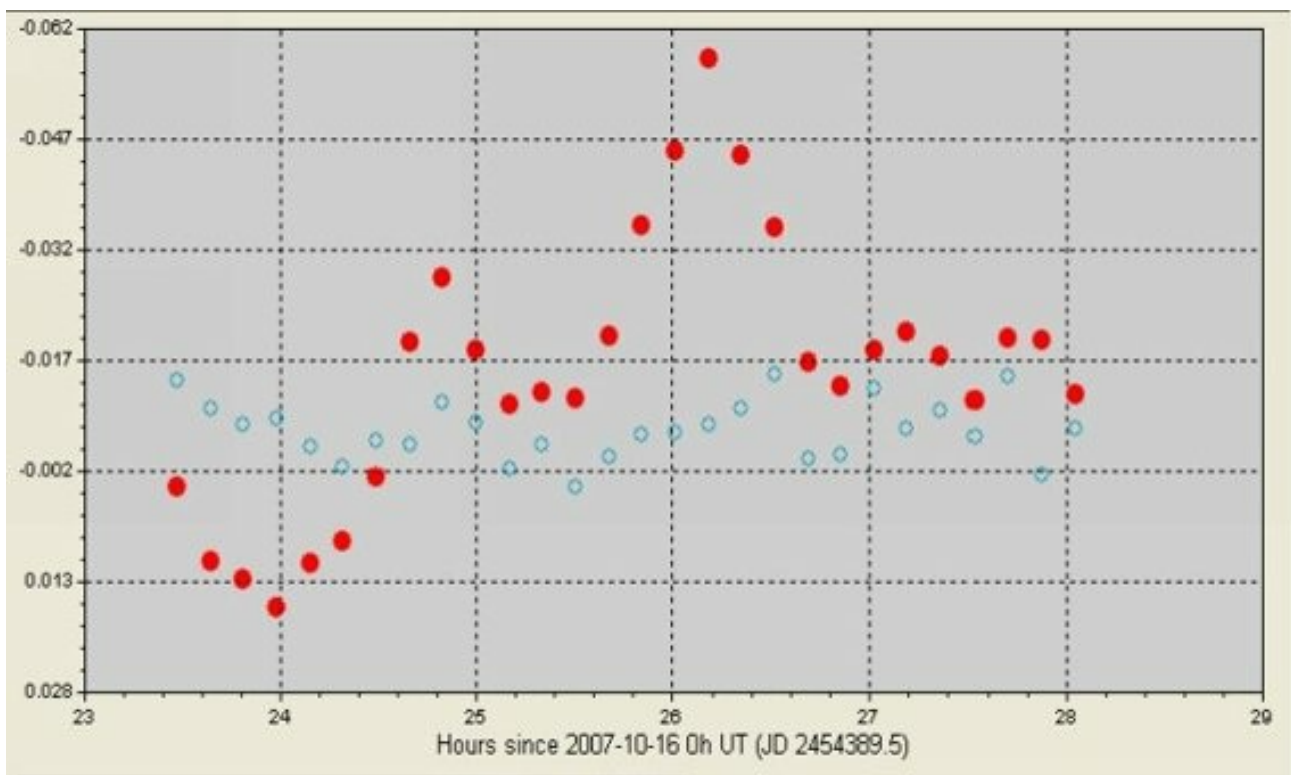
In ognuno di questi due casi, avete dato una mano molto importante alla scienza.

Risultati ottenibili

Alcuni vantaggi dell'astrofilo nello studio fotometrico sono, a tutt'oggi, inavvicinabili per i professionisti. La precisione, se escludiamo i telescopi posti fuori dall'orbita terrestre, è paragonabile a quella dei grandi telescopi professionali, con una differenza sostanziale: gli astrofili hanno tempo, i professionisti no.

Lo studio approfondito delle stelle variabili è un'attività che richiede costanza e lunghi periodi di osservazione, esattamente il contrario di quello di cui dispongono i professionisti.

E' per questo motivo che quasi ogni studio approfondito nel tempo deriva da astrofili; gli astronomi dedicano tempo (poco) solamente quando si è in presenza di eventi particolari o oggetti rari e interessanti, quali le variabili delta scuti multiperiodiche; in entrambi i casi si affidano alle ricerche preliminari effettuate dagli astrofili, che quindi svolgono il duplice lavoro di investigatori e sentinelle.

Sicuramente lo studio fotometrico delle variabili e quello che vedremo in un prossimo numero dei pianeti extrasolari, è il campo nel quale gli astrofili possono avere maggiori soddisfazioni, sia per le potenzialità della loro strumentazione che per la poca concorrenza da parte dei professionisti.

La mia prima stella variabile, di magnitudine 11,5, individuata casualmente durante l'osservazione fotometrica del pianeta extrasolare TrEs-4. L'andamento è tipico di una pulsante di tipo Delta-Scuti, con un periodo di circa 2 ore e ampiezza di pochi centesimi di magnitudine. I punti rossi e blu rappresentano osservazioni condotte in due nottate diverse, quelli gialli la curva di una stella non variabile del campo, detta check star. L'andamento lineare dimostra che la variabilità della stella principale è reale e non dovuta a qualche errore dell'osservatore.

Una delle tante deboli variabili irregolari nella nebulosa di Orione, di magnitudine 13 (punti rossi) confrontata con una check star (punti blu).

A chi rivolgersi

I siti di riferimento per lo studio e la scoperta di variabili sono sostanzialmente due:

- AAVSO (www.aavso.org) si pone come guida e fonte di informazioni inesauribile per l'astrofilo. Nel sito troverete guide, consigli, cataloghi di variabili, curve di luce, gli studi già condotti e una piattaforma per pubblicare le vostre ricerche;
- IBVS (l'international bullettin on variable star (IBVS): http://www.konkoly.hu/IBVS/IBVS.html) è un'associazione rivolta ai professionisti, quindi scarna di consigli e guide, ma ricca di prestigio. Ogni lavoro degno di nota sulle stelle variabili deve passare attraverso la pubblicazione nelle famose circolari IBVS;
- GCVS: http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/index.htm il catalogo generale delle stele variabili contiene le informazioni su tutte le variabili catalogate, da consultare prima di scegliere il campo da riprendere, per identificare le variabili già scoperte. L'inserimento di nuovi oggetti nel GCVS è lento e può richiedere diversi mesi, per questo non sempre ciò che non è stato classificato non è stato scoperto. Una volta identificata una presunta variabile che sembra non essere stata catalogata, è meglio fare controlli incrociati, consultando altre fonti, quali:
- SIMBAD: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ fornisce coordinate e proprietà di tutti gli oggetti

studiati e catalogati al di fuori del sistema solare, comprese le stelle variabili. Inserendo il nome della presunta variabile nel database vi verranno restituite tutte le informazioni e gli studi effettuati su di essa. Se non risulta nulla, è probabile che non sia stata ancora scoperta o studiata. Un'altra fonte per capire se la variabile è stata studiate è:

- VSX, International Variable Star Index (http://www.aavso.org/vsx/), curato dall'AAVSO, contiene osservazioni e informazioni su moltissime variabili. L'inserimento dei nuovi oggetti nel database è immediato, quindi è probabile che eventuali nuovi oggetti siano stati inseriti, se scoperti.

Un ulteriore, ultimo controllo riguarda gli articoli scientifici, consultando:

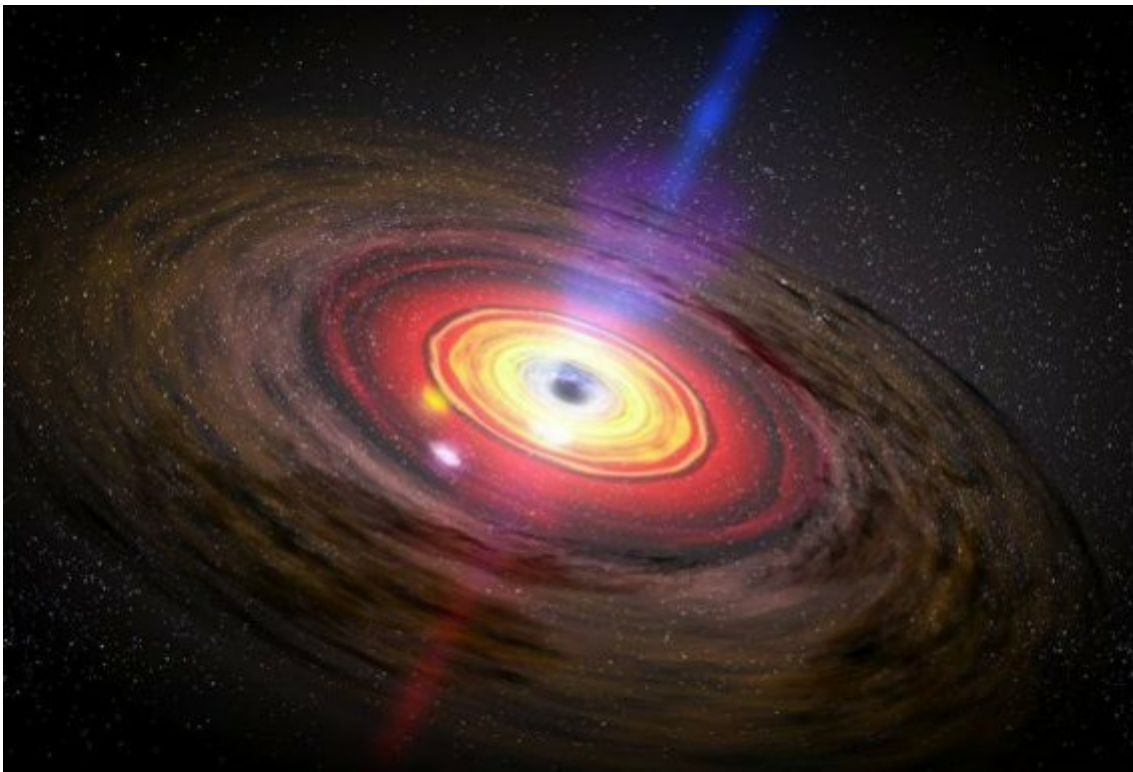
- www.arxiv.org, il sito nel quale vengono pubblicati i preprint degli articoli scientifici, prima di essere sottoposti al vaglio e all'eventuale pubblicazione da parte di riviste specializzate. Le scoperte di variabili da parte di astronomi professionisti avvengono quasi sempre in modo casuale e la scoperta viene inserita all'interno di articoli scientifici di argomento diverso. Una ricerca con il nome della stella dovrebbe restituire eventuali studi effettuati.
- L'UAI (www.uai.it), ovvero l'Unione Astrofili Italiani, è sempre un sito estremamente utile e una risorsa per cercare aiuto e consigli nelle persone competenti che vi lavorano;
- Peremennye Zvezdy Variable Stars:

http://www.astronet.ru/db/varstars/ omonimo russo dell'americano IBVS consente ad astrofili e astronomi di pubblicare il loro lavoro di scoperta e studio delle stelle variabili;

- Se avete problemi o vi servono guide e consigli, magari in italiano, rivolgetevi alle numerose associazioni di astrofili che sul nostro paese si dedicano allo studio professionale delle stelle variabili. Queste associazioni spesso uniscono la cortesia ed entusiasmo dell'astrofilo al rigore dell'astronomo professionale e si rivelano molto utili per i principianti.

Nella compilazione dei report, o semplicemente quando inviate le vostre osservazioni, quasi sempre vi verranno chiesti i dati in formato tabulare e non sottoforma di grafico. Il grafico della curva di luce è utile perché di immediata lettura, ma per avere dati precisi occorre la forma tabulare, ovvero i dati dai quali si è costruito il grafico. I report, inoltre, richiedono una stima della luminosità media della stella. E' per questo motivo che è consigliabile effettuare le sessioni di fotometria differenziale con un filtro fotometrico, perché, a partire dalla conoscenza della magnitudine delle stelle di paragone (attraverso gli atlanti stellari), dalla differenza di magnitudine possiamo risalire a un valore preciso entro qualche centesimo della nostra variabile.

Se siete interessati alle proprietà delle stelle variabili, alla loro classificazione e a come si riesca a estrapolare dati preziosi come la distanza, in un prossimo numero la parte riguardante l'astrofisica sarà dedicata a questi intriganti oggetti celesti.

Astrofisica

Questa sezione, suddivisa in due rubriche, l'una un po' più tecnica e l'altra più semplice, rappresenta il cuore di questi fascicoli e ci proietta direttamente verso i grandi temi dell'astronomia teorica.

Pianeti, stelle, galassie, buchi neri, quasar, nebulose, ammassi stellari, materia oscura, destino dell'Universo. Affronteremo insieme, mese dopo mese, un viaggio dal piccolo al grande, dal semplice al complesso, attraverso la struttura dell'Universo e le proprietà dei suoi strani abitanti.

Per quanto possibile eviterò formule e concetti di difficile comprensione, rendendo l'articolo principale accessibile a tutti, magari con un po' di pazienza per comprendere i passaggi più delicati e spesso completamente fuori dalla nostra esperienza.

La seconda parte, decisamente più rilassante, è a vostra

completa disposizione per tutte le domande sul Cosmo che la vostra mente riesce a concepire.

Il corpo nero

La teoria del corpo nero è alla base della comprensione delle proprietà delle stelle, ma anche degli oggetti della vita comune. L'interpretazione fisica dei dati sperimentali contiene la prima importante impronta dei concetti della meccanica quantistica, una teoria che ha sconvolto il pensiero e le teorie classiche sulla struttura e il comportamento della materia. Come potete vedere, per spiegare l'infinitamente grande bisogna continuare ad analizzare necessariamente l'infinitamente piccolo; un connubio che solo l'astronomia riesce a rendere così perfetto.

Gli scienziati del diciannovesimo secolo, attraverso degli esperimenti, scoprirono una cosa estremamente interessante: prendendo un corpo qualsiasi e scaldandolo, esso comincia a emettere luce, prima di un rosso cupo, poi di un colore sempre più chiaro mano a mano che somministro calore, con un'intensità crescente.

L'esperienza è facilmente riproducibile da chiunque: basta prendere una bacchetta di metallo e una di vetro e porle su una fiamma ad alta temperatura. I due oggetti, mano a mano che si scaldano, cominciano a emettere radiazione che prescinde la loro diversa natura. A circa 500°C diviene percepibile una debole luminosità rossa, a 1.000°C è molto più intensa e di colore arancio.

Aumentando la temperatura aumenta l'intensità e cambia il colore, spostandosi progressivamente verso lunghezze d'onda più

corte (verso il blu).

Ripetendo l'esperimento con oggetti di diversa composizione chimica, il risultato non cambia: ogni oggetto riscaldato emette luce in funzione della sola temperatura.

A questo punto possiamo generalizzare l'esperienza. Visto che la luce è una piccola parte del ben più ampio spettro elettromagnetico, è lecito pensare che ogni corpo che abbia una certa temperatura superiore allo zero assoluto (0 K, -273,16°C), emetta radiazione elettromagnetica. Sebbene noi non siamo in grado di vedere la radiazione emessa da un oggetto a 100°C, non è detto che questa non sia presente a lunghezze d'onda invisibili ai nostri occhi. Per provare questa affermazione possiamo utilizzare alcune telecamere sensibili all'infrarosso e vedere cosa succede.

A queste lunghezze d'onda la radiazione emessa da un oggetto si manifesta a temperature più basse rispetto a quando diventa visibile a occhio nudo. Questo comportamento è indipendente dal tipo di materiale che si utilizza ed è una caratteristica di tutti i corpi.

La lunghezza d'onda e l'intensità della radiazione sembrano essere collegate a una quantità che in qualche modo rappresenta l'energia che ho trasferito al corpo: questa quantità è la temperatura.

Per indagare a fondo queste bizzarre proprietà, consideriamo una situazione ideale, il cosiddetto corpo nero.

Prendiamo una scatola le cui pareti siano degli assorbitori perfetti.

Somministriamo a una parete una certa energia per aumentare la sua temperatura, poi togliamo la fonte di energia e isoliamo la scatola dall'ambiente circostante.

Nella scatola, dopo un certo tempo t si può misurare una temperatura costante: le pareti hanno in qualche modo comunicato le une con le altre scambiandosi radiazione elettromagnetica e raggiungendo tutte la stessa temperatura, che non varia più nel tempo (se non ci sono dispersioni). Siamo nella condizione chiamata di equilibrio termico. Questa situazione è stabile nel tempo, nonostante si tratti di un equilibrio dinamico: le pareti continuano a scambiarsi in continuazione energia elettromagnetica, ma tanta ne assorbono quanta ne emettono, per questo non c'è flusso netto e la temperatura resta costante.

Il corpo nero ideale

Un corpo nero ideale è un oggetto che si trova all'equilibrio termico che assorbe tutta la radiazione incidente, qualunque essa sia, e la riemette in funzione della sua sola temperatura (quindi l'andamento della radiazione emessa è completamente indipendente dal tipo di radiazione assorbita).

Sperimentalmente un corpo nero (quasi) ideale è rappresentato proprio dalla nostra scatola chiusa, le cui pareti siano dei conduttori molto buoni, nella quale è praticato un piccolo foro per far entrare una certa quantità di energia.

Da questo foro viene introdotta radiazione elettromagnetica, che dopo successivi rimbalzi viene assorbita completamente dalle pareti della scatola, che la riemettono sottoforma di radiazione termica. Nella fase di equilibrio, la radiazione presente all'interno è dovuta esclusivamente alla temperatura delle pareti del corpo e non vi è più alcuna memoria di quella introdotta inizialmente.

Come è fatta la distribuzione di questa energia? Quali sono le proprietà e i legami con la temperatura?

La dimostrazione di ciò che si vede sperimentalmente non è affatto banale e richiede, come spesso accade, conoscenze di base, soprattutto di fisica, meccanica quantistica e campi elettromagnetici. In queste pagine mi limiterò solamente a dare dei cenni e degli spunti di ragionamento.

Per descrivere quantitativamente la radiazione di corpo nero, bisogna capire esattamente cosa accade a livello microscopico.

Possiamo immaginare un generico solido come composto da atomi strettamente legati gli uni agli altri attraverso il reticolo cristallino.

Ogni atomo è costituito da un certo numero di elettroni che si trovano su orbite contraddistinte da un determinato valore di energia.

Un elettrone percorre un’orbita attorno al proprio nucleo a una distanza descritta da precise leggi fisiche; quando un fotone giunge nei pressi dell’atomo, viene assorbito da un elettrone, il quale si porta su un’orbita con energia maggiore (stato eccitato).

Dopo un tempo brevissimo (inferiore a un miliardesimo di secondo) l’elettrone torna al livello precedente (fondamentale): il risultato netto è quindi un’oscillazione. Qualsiasi particella carica che oscilla emette a sua volta un fotone, e l’elettrone non è un caso particolare. Per un atomo isolato le oscillazioni possibili sono vincolate dalla meccanica quantistica e a esse sono associate determinate energie.

Un atomo isolato, quindi, assorbe ed emette solamente certe determinate lunghezze d’onda: questo è il caso già analizzato dell’emissione a righe.

Nel caso dei solidi, agglomerati di atomi con densità elevate, le orbite elettroniche sono talmente disturbate dalla reciproca presenza che l’energia associata, sebbene fissata, non è più la stessa per tutte.

In un solido, quindi, le infinite perturbazioni dei singoli orbitali elettronici coprono a livello macroscopico tutta un’infinità continua di livelli energetici; ne consegue che gli elettroni riescono nel complesso ad assorbire ed emettere qualsiasi tipo di radiazione, producendo quello che si chiama spettro continuo (continuum).

Siamo arrivati a spiegare un altro comportamento della materia: quando poco densa (molto meno dell’aria che

respiriamo) produce uno spettro a righe dipendente unicamente dalla composizione chimica; quando è molto densa (liquidi e solidi) l'emissione non è più a righe ma continua lungo una parte dello spettro elettromagnetico, regolata dalla temperatura.

Ma cosa succede proprio a livello atomico? Come avviene in particolare l'emissione?

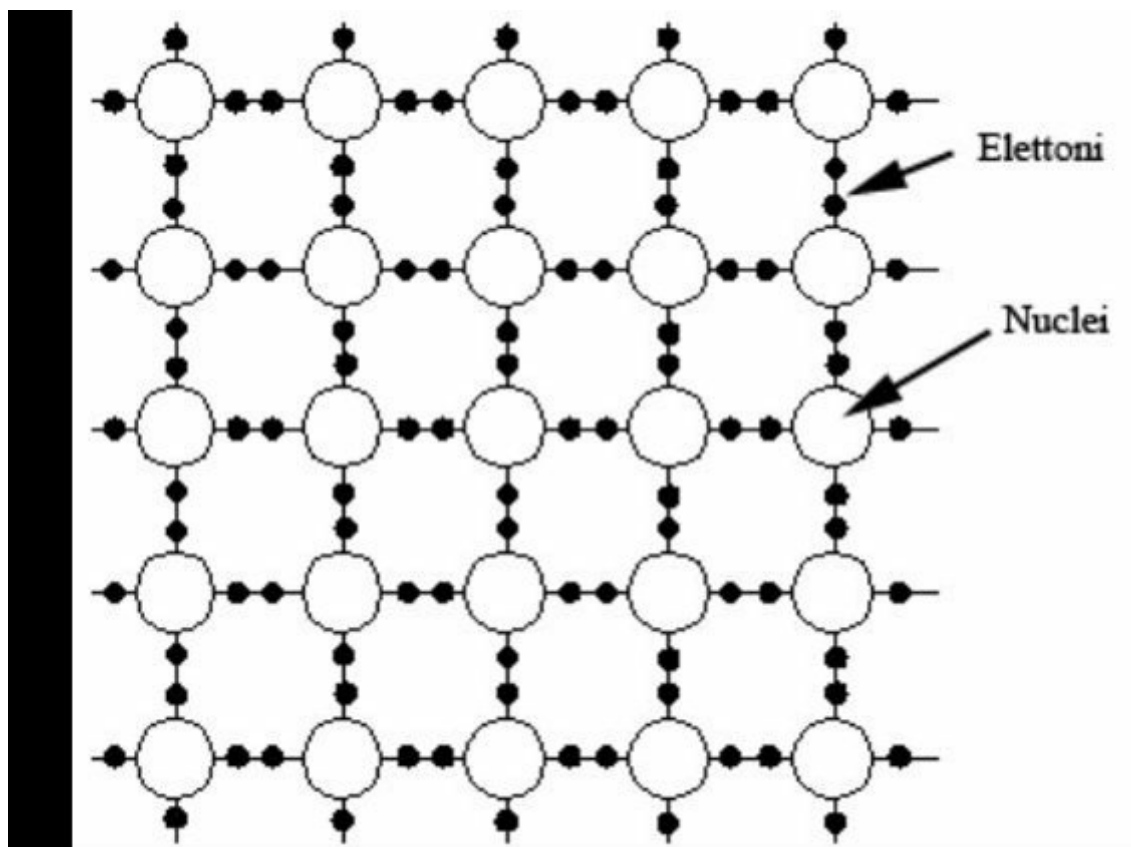
Un solido è costituito da atomi, formati da un nucleo e degli elettroni che orbitano attorno (non nel senso comunemente visualizzabile).

Quando un fotone raggiunge l'atomo, questo viene assorbito da uno dei suoi elettroni.

L'elettrone guadagna energia e comincia a oscillare attorno alla sua posizione di equilibrio; siccome si tratta di una particella carica, si ha il risultato netto che l'oscillazione produce a sua volta un'onda elettromagnetica. Di questa onda possiamo conoscere tutto se conosciamo l'ampiezza, o meglio, la frequenza di oscillazione.

L'energia dell'oscillatore e l'energia dell'onda elettromagnetica risultante sono legate tra di loro.

A questo punto possiamo generalizzare il ragionamento a tutti gli atomi di un solido, affermando che un aumento della temperatura, quindi un generico aumento dell'energia interna, produce miliardi e miliardi di oscillazioni elettroniche di diversa energia.

Il risultato macroscopico delle infinite oscillazioni è la produzione di radiazione elettromagnetica di spettro continuo.

Schematizzazione di un solido composto da un reticolo di atomi ed elettroni legati tra loro. Gli elettroni si possono essere assimilati a delle particelle legate con delle molle ai nuclei atomici. Quando un corpo si trova a una temperatura maggiore dello zero assoluto gli oscillatori (gli elettroni) oscillano in funzione della temperatura ed emettono radiazione elettromagnetica.

Abbiamo giustificato con un semplice modello fisico l'emissione osservata, ma questo non ci basta. Cerchiamo ora di caratterizzarla con delle regole matematiche che ne riproducano perfettamente andamento e proprietà.

Per sviluppare questo apparato dobbiamo far tesoro di una condizione che non abbiamo ancora sottolineato a sufficienza: l'equilibrio termico.

Se il corpo oggetto del nostro studio si trova all'equilibrio termico, significa che tutta l'energia somministrata è poi restituita attraverso le onde elettromagnetiche prodotte dalle oscillazioni elettroniche, altrimenti la temperatura non potrebbe mantenersi costante, in equilibrio.

Studiando quantitativamente questo semplice modello siamo in grado di descrivere la radiazione di corpo nero dal punto di vista della fisica classica.

Consideriamo quindi il nostro oscillatore rappresentato dal un generico elettrone.

Dalle leggi dell'elettromagnetismo (non ve le dimostro, questa volta dovrete fidarvi o cercare una giustificazione in un libro di fisica universitaria) siamo in grado di determinare quanta energia irradia ogni secondo un tale oggetto (radiazione di dipolo oscillante), e possiamo calcolare anche il lavoro per secondo fatto sull'oscillatore da un generico campo di radiazione.

Per il nostro scopo non è importante giustificare le singole grandezze, piuttosto capire che queste due quantità in caso di equilibrio sono uguali: l'energia trasmessa all'oscillatore (il lavoro) è uguale all'energia che irradia ogni secondo.

Da questa assunzione possiamo ricavare finalmente ciò che ci interessa maggiormente, l'intensità dell'energia emessa per unità di frequenza: $u_v = (8\pi v^2/c^3)\varepsilon$. La grandezza ε rappresenta l'energia media di un oscillatore, che nel caso delle statistiche classiche è data da: $\varepsilon = kT$. Seguendo questa relazione,l'intensità della radiazione emessa da un oscillatore per unità di frequenza è data da: $u_v = (8\pi v^2/c^3)kT$, dove T è la temperatura (assoluta) e k è la costante di Boltzmann ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} JK^{-1}$).

Questo è un risultato molto importante, che lega l'intensità dell'energia emessa alla temperatura del corpo. La relazione è conosciuta con il nome di legge di Rayleigh-Jeans e conferma (almeno in parte) quello che possiamo osservare

sperimentalmente: aumentando la temperatura, aumenta l'energia irradiata dal corpo nero.

Bene, siamo a buon punto. Una volta che il nostro modello matematico è stato sviluppato in base alle osservazioni, dobbiamo metterlo alla prova per vedere se effettivamente riproduce alla perfezione tutte le situazioni di corpo nero.

Con molta sorpresa notiamo subito che questa formula non è corretta, principalmente per due motivi.

Uno è puramente osservativo: l'andamento calcolato non riproduce quello sperimentale. Come possiamo vedere dalla figura della pagina seguente, la legge di Rayleigh-Jeans riproduce abbastanza bene l'andamento sperimentale solamente per frequenze piuttosto basse, mentre è totalmente sballata per frequenze alte e non riproduce minimamente l'andamento della curva sperimentale.

La divergenza per alte frequenze è detta catastrofe ultravioletta.

Il secondo motivo è molto più profondo.

La formula trovata afferma che per una frequenza abbastanza grande la densità di energia (quindi l'energia irradiata dall'oggetto) tende all'infinito, a prescindere da quanta energia assorbe il sistema.

Questo concetto in fisica non ha alcun senso: sarebbe come dire che a prescindere dall'automobile che ho, con un litro di benzina posso percorrere una quantità infinita di strada, a patto di andare abbastanza veloce!

Siamo di fronte a un paradosso.

La Natura non ama i paradossi, anzi, non li contempla affatto. Se nello sviluppo del nostro modello ne troviamo uno, vuol dire

che qualcosa non è stato fatto a dovere e che la teoria alla base è da rivedere.

La formula di Rayleigh-Jeans viola il principio di conservazione dell'energia (e non riproduce, e ci mancherebbe, i dati sperimentali), quindi non va bene, sebbene sia stata ottenuta con un procedimento fisico e logico apparentemente corretto.

Ci deve essere per forza qualcosa di sbagliato nel modello che abbiamo utilizzato per ricavarci la relazione, ma di preciso cosa?

Il primo a porsi questa domanda fu il fisico Max Planck, che dopo molti anni passati a studiare il problema riuscì a trovare il modo di far tornare la formula, senza darne però una spiegazione fisica plausibile. Egli puntò il dito contro l'energia media di un oscillatore, che calcolata attraverso la teoria classica ci dà il valore: $\varepsilon = kT$.

La formula trovata ci dice che l'energia di un oscillatore (l'elettrone) può assumere qualsiasi valore in dipendenza della temperatura, compreso tra zero (temperatura uguale a 0 K) e un numero arbitrariamente grande, variando in modo continuo.

Planck, invece, propose che sebbene gli oscillatori assorbano praticamente tutta l'energia incidente (grazie al fatto che ve ne sono tantissimi e che le orbite elettroniche sono deformate), l'energia rilasciata da un singolo oscillatore non può variare in modo continuo, ma deve essere un multiplo intero di un certo valore di base.

Cosa significa questo? Che se considero un'energia di base arbitraria ε_0, l'energia dell'oscillatore elettronico può solamente assumere valori multipli interi di questa grandezza: $(0, \varepsilon_0, 2\varepsilon_0, 3\,\varepsilon_0, \ldots, n\,\varepsilon_0)$.

Benché la cosa non trovasse ancora giustificazione dal punto di vista fisico, Planck ebbe un'intuizione geniale, che riuscì a togliere gli scienziati del tempo da un'empasse abbastanza imbarazzante.

Introducendo questa ipotesi nel calcolo dell'energia media di un oscillatore (e facendo qualche calcolo che non vi mostrerò), si ottiene finalmente una formula che riproduce in maniera perfetta i dati sperimentali:

$$u_v = (8\pi h v^3/c^3)\cdot 1/(e^{hv/kT}-1)\ .$$

Questa è la legge di Planck, il cui andamento può essere espresso sia in funzione della lunghezza d'onda, che della frequenza (legate dalla nota relazione: $\lambda v = c$).

La formula ci dà la densità di energia, cioè l'intensità di energia per unità di volume, per unità di frequenza (o lunghezza d'onda), emessa da un corpo nero perfetto che si trova alla temperatura T e all'equilibrio termico.

Questo andamento è indipendente dalla natura del corpo e dall'entità della radiazione incidente o dalla fonte di calore (quindi da chi, cosa e come somministra energia).

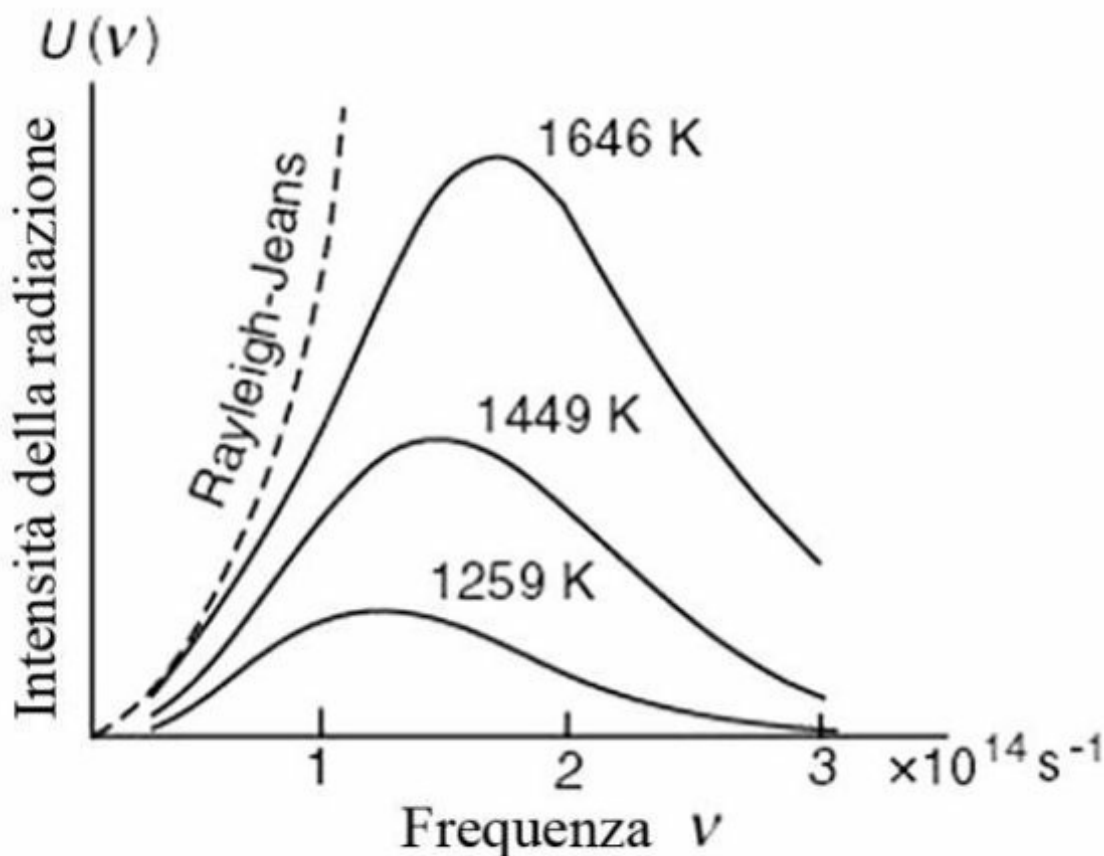
Dalla formula appena trovata, possiamo ricavare due andamenti principali. Il primo si ottiene per frequenze molto basse: $hv/kT<<1$ (il segno $<<$ significa molto minore o molto più piccolo). In questo caso troviamo la formula di Rayleigh-Jeans(sviluppando in serie): $u_v = (8\pi v^2/c^3)kT$.

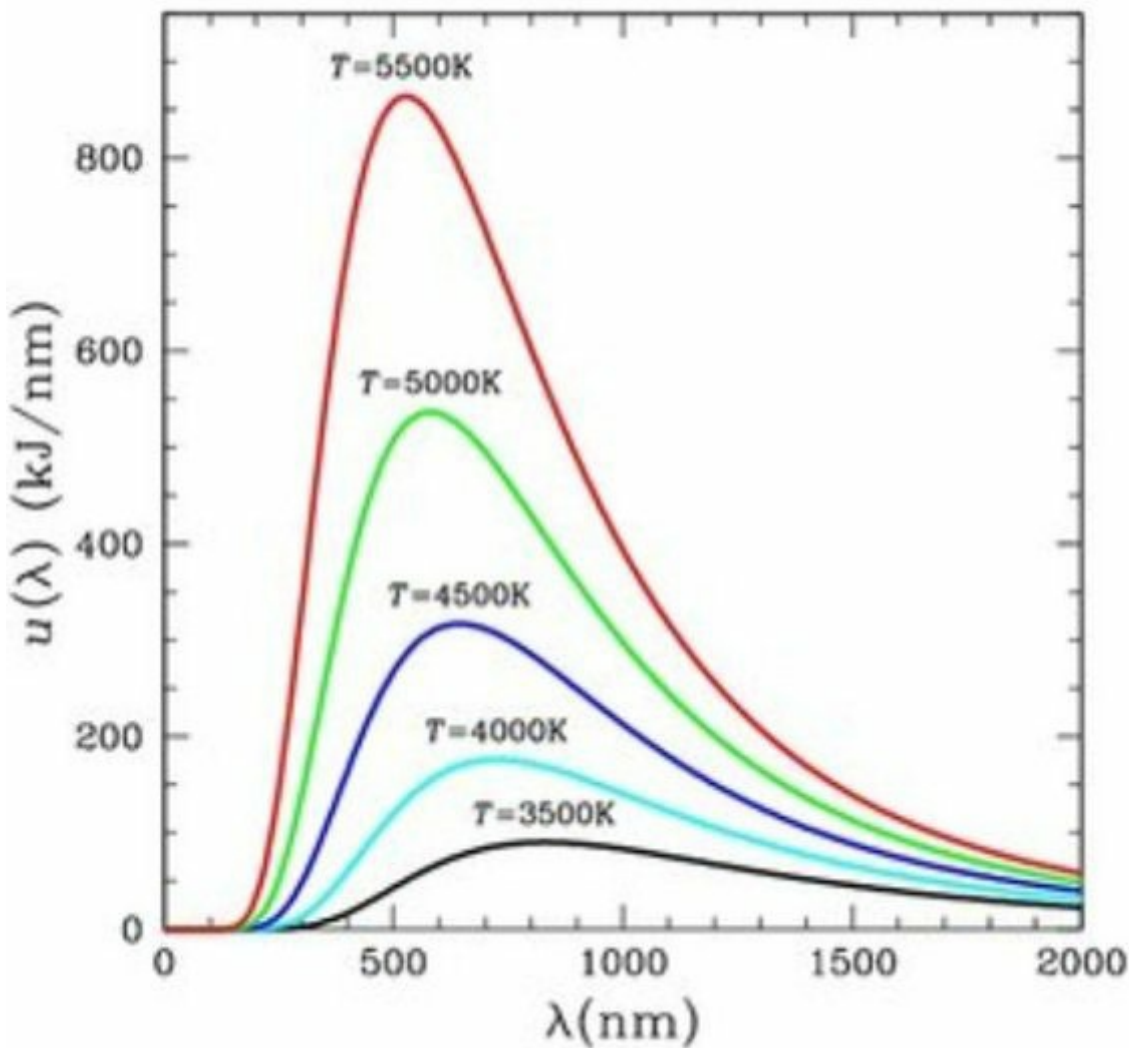
Analogamente, per frequenze molto alte troviamo il cosiddetto regime di Wien: $u_v = (8\pi h v^3/c^3)\cdot(e^{hv/kT})$.

La curva in funzione della frequenza cresce come una parabola, raggiunge un massimo (che tra qualche riga

calcoleremo), e poi decresce con un andamento esponenziale, sempre in funzione della frequenza (e per una temperatura T fissata).

Il massimo della radiazione emessa si calcola facilmente e verifica gli andamenti sperimentali trovati, in cui si evidenziò che il prodotto tra la lunghezza d'onda di picco e la temperatura era sempre costante: $\lambda_{Max}T = \text{costante}$. La relazione esatta ci dice che: $\lambda_{Max}T = 0{,}29\text{K}\cdot\text{cm}$. Questa relazione è detta legge (dello spostamento) di Wien.

Questo risultato è importantissimo: conoscendo la lunghezza d'onda di picco dell'emissione di corpo nero possiamo ricavare la temperatura di quel corpo senza troppi fronzoli!

Andamento di corpo nero sperimentale (linee continue) e secondo la legge classica di Rayleigh-Jeans (linea tratteggiata). Come si può vedere, essa approssima l'andamento sperimentale per le basse frequenze, ma diverge per le alte, tanto da tendere all'infinito. Il modello teorico sviluppato non

funziona, occorre trovare l'errore.

Andamento di corpo nero corretto. Il modello degli oscillatori con energia quantizzata funziona e prevede con esattezza l'andamento sperimentale.

L'ultima relazione che ci resta da trovare seguendo questo nuovo modello, riguarda l'intensità di energia per ogni centimetro quadrato di superficie, detta anche emissività: integrando l'espressione della brillanza su tutte le frequenze e le direzioni possibili (un angolo solido completo), otteniamo l'intensità totale di energia emessa dal corpo nero ogni secondo per ogni unità di superficie (stellare se riferita alle stelle).

L'emissività è collegata naturalmente alla temperatura

secondo la relazione: $f = \sigma T^4$, dove f = energia emessa/secondo/superficie. Moltiplicando per la superficie della stella, supposta sferica, ricaviamo la luminosità totale:

$L = 4\pi r^2 f$, ovvero l'energia emessa ogni secondo. Non confondete l'emissività con il flusso, sebbene abbiano le stesse unità di misura. Come accennato nel capitolo sulla magnitudine, l'emissività f si riferisce all'energia emessa ogni secondo da una superficie unitaria (un centimetro quadrato o un metro quadrato) di stella, mentre il flusso F descrive l'energia ricevuta ogni secondo a una distanza d dall'oggetto considerato, su una superficie unitaria. L'emissività, quindi, dipende dal raggio della stella, il flusso dalla distanza alla quale la osserviamo.

In poche righe abbiamo caratterizzato l'emissione associata a tutte le stelle dell'Universo e svelato il primo comportamento (in ordine temporale) quantistico della materia: questo è il modo di lavorare quando si vogliono scoprire le proprietà della materia e dell'Universo stesso!

Ora che abbiamo capito cosa è un corpo nero e come si comporta, possiamo applicare il nostro modello agli oggetti reali.

Il corpo nero nelle situazioni reali

In Natura non esiste un corpo nero perfetto e ne abbiamo la prova osservando gli oggetti della vita quotidiana: per quanto appena detto, un corpo nero ideale alla temperatura media terrestre apparirebbe ai nostri occhi completamente nero, emettendo la sua radiazione nella banda del medio infrarosso e assorbendo tutta la radiazione incidente. Se fossimo in grado di vedere questa radiazione tutti i corpi ci apparirebbero dello uno stesso colore (perché la natura della radiazione prescinde dalla composizione chimica e la forma!).

Nella realtà gli oggetti possiedono un colore, risultato della riflessione, o meglio, diffusione efficiente della luce di lunghezza d'onda che corrisponde al colore che percepiamo. Un oggetto bianco è un pessimo assorbitore; esso infatti, almeno nel visibile, diffonde quasi completamente la radiazione incidente, mostrandosi bianco. Un oggetto nero assorbe quasi completamente la radiazione visibile, quindi ci appare senza colore (ed è esperienza comune che un oggetto bianco e uno nero, esposti per uno stesso tempo al Sole, si scaldano in maniera molto differente). Quest'ultimo si avvicina molto di più a un corpo nero ideale rispetto all'oggetto bianco. La conclusione, quindi, osservando almeno gli oggetti terrestri, è che il corpo nero ideale non esiste.

Tuttavia possiamo comunque considerare gli oggetti della vita reale alla stregua di corpi neri, con le dovute precauzioni e precisazioni. Le formule viste continuano a valere, a patto di riuscire, ad esempio, a stabilire quanta radiazione (o in generale energia) viene realmente assorbita rispetto a quella incidente.

Molti oggetti possono essere approssimati con dei corpi neri:

le stelle e il corpo umano, pur essendo molto diversi tra di loro, hanno comportamenti simili, almeno in prima approssimazione, così come quasi tutti gli oggetti della vita reale (la Terra, una pietra, gli alberi, gli animali..).

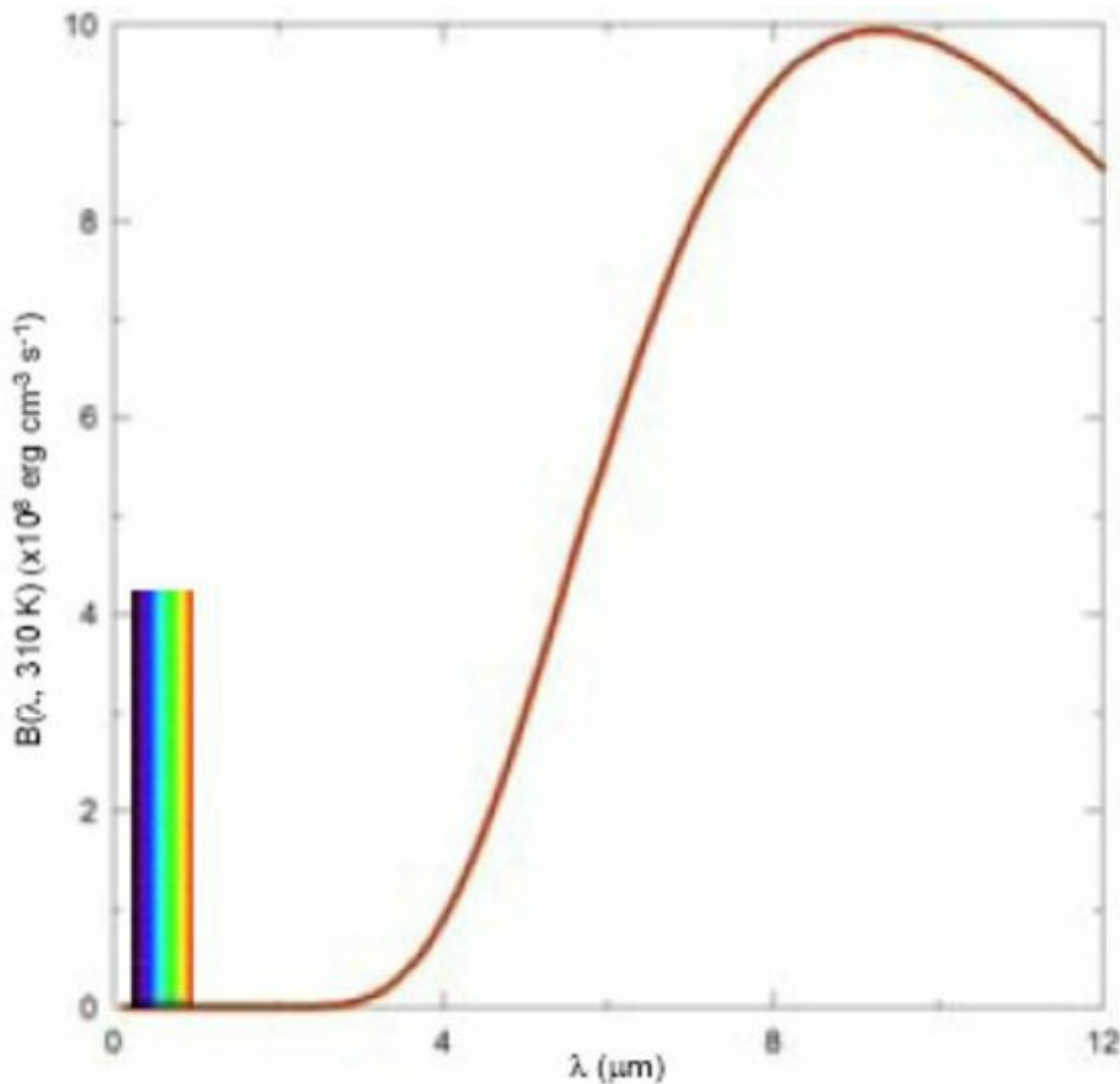
Analizziamo brevemente il corpo umano e le stelle.

Sappiamo che nostro corpo ha una temperatura media di circa 37°C, pari a 310 K.

Lo possiamo considerare un corpo nero? La risposta è affermativa! Sappiamo che si trova in equilibrio termico, infatti la sua temperatura resta all'incirca costante nel tempo. Anche se l'innalzamento della temperatura corporea è dovuto a processi essenzialmente non termici, come le reazioni chimiche che avvengono nelle cellule con il bruciamento di zuccheri e ossigeno, la grande quantità di atomi di cui è composta una singola cellula assorbe questa energia di natura non termica e la riemette successivamente in funzione della temperatura.

Abbiamo di nuovo la prova che non importa conoscere le cause del riscaldamento di un corpo: esse possono essere di qualsiasi altra natura. Non è importante l'energia in ingresso, perché essa viene assorbita dagli elettroni e rimodellata secondo la loro sola temperatura.

Gli atomi (o meglio, gli elettroni, che però sono parte integrante dell'atomo) di cui sono composte le nostre cellule, trovandosi a una certa temperatura T, emettono radiazione termica la cui lunghezza d'onda di picco si può facilmente calcolare attraverso la legge dello spostamento di Wien: $\lambda_{Max} = 0{,}29/T = 9{,}35 \cdot 10\text{-}4$ cm= 9,35 micron: radiazione infrarossa. Naturalmente questo calcolato è il picco della radiazione; sappiamo infatti che essa ha una distribuzione che

segue la legge di Planck, come nella figura della pagina precedente.

Spettro dell'emissione di un corpo umano alla temperatura di 37°C. L'emissione è nel medio infrarosso (picco a 9,35 micron) e lo spettro è quello tipico di un corpo nero quasi perfetto.

Anche le stelle possono essere considerate dei corpi neri, naturalmente con le dovute precauzioni e approssimazioni. Una stella infatti non è un oggetto in equilibrio termodinamico nel senso stretto della parola: la temperatura diminuisce di molti gradi passando da zone centrali (decine di milioni di gradi) alla superficie (qualche migliaio). Come si risolve questo problema?

Possiamo suddividere la stella in vari gusci di spessore

arbitrario abbastanza sottili da considerare, con buona approssimazione, che la temperatura resti costante all'interno di ognuno. Con questo semplice artificio, possiamo considerare ogni guscio come se si trovasse, indipendentemente dagli altri, in equilibrio termico. Per l'approssimazione fatta, in effetti, tanta energia viene assorbita quanta ne viene emessa, quindi la temperatura resta costante. Utilizzando questa approssimazione, chiamata equilibrio termodinamico locale (LTE), siamo in grado di trattare la stella come un corpo nero.

I meccanismi sono del tutto simili a quelli già visti per il corpo umano.

Al centro si produce una certa energia il cui spettro è non termico (fusione nucleare). Questa energia, nella quasi totalità fotoni gamma, a causa delle condizioni ambientali del nucleo stellare (elevata opacità) ha un cammino libero medio estremamente piccolo. In parole semplici, essa viene subito assorbita dagli elettroni presenti in gran numero nella zona, che possiamo considerare come il primo guscio del nostro sistema in equilibrio termodinamico locale.

L'energia assorbita dagli elettroni del primo guscio viene trasformata in energia termica in funzione della temperatura delle particelle che sarà molto elevata. Essa viene poi trasferita al secondo, al terzo, al quarto guscio e così via, disperdendosi su una superficie maggiore, quindi diminuendo in densità.

Ogni guscio riceve una densità di energia sempre minore e la riemette in funzione della sua temperatura, supposta costante, fino ad arrivare all'ultimo guscio, il più esterno, corrispondente alla "superficie" della stella (fotosfera).

La radiazione emessa dal guscio esterno si propaga finalmente nello spazio e pur derivando dall'energia prodotta

dalle reazioni di fusione nucleare nel nucleo non possiede più alcuna memoria della sua origine, essendo regolata solamente dalla temperatura superficiale.

Naturalmente la quantità totale di energia che fuoriesce dalla fotosfera è la stessa che viene prodotta al centro dalle reazioni nucleari, ma la sua distribuzione è totalmente diversa e dipende solamente dalla temperatura fotosferica.

Ciò che noi osserviamo da Terra è proprio l'emissione termica di questo ultimo guscio stellare, molto simile a quella di un corpo nero, anche se non perfettamente uguale a causa dell'assorbimento da parte del gas presente nell'atmosfera della stella stessa.

Lo spettro stellare infatti è modellato da due processi fisici: il processo termico di corpo nero produce l'andamento generale, il cosiddetto continuo, mentre l'assorbimento da parte di gas rarefatto e più freddo genera sottili righe in assorbimento, a volte vere e proprie lacune (ad esempio il famoso decremento Balmer).

In conclusione: conoscendo la radiazione emessa da una stella siamo in grado di trovare facilmente la temperatura dello strato responsabile di tale emissione. Non solo; siccome i tutti i pianeti del sistema solare sono raggiunti dalla radiazione solare, possiamo anche calcolare la loro temperatura media. Non vi mostro i procedimenti per ottenere tutto ciò, perché pieni di calcoli e inutili dal punto di vista didattico. Mi interessa invece capire che attraverso questa teoria si può calcolare la temperatura di tutte le stelle dell'Universo, e la temperatura di eventuali corpi celesti in orbita attorno a esse, analizzando semplicemente il "colore" della radiazione emessa. Questo punto è estremamente importante nel capire la temperatura dei pianeti extrasolari, visto

che è impossibile osservarli (tranne rare eccezioni) direttamente.

Riuscire a prevedere come varia la temperatura in funzione della distanza della stella, aiuta a identificare la cosiddetta fascia di abitabilità, una zona nella quale eventuali pianeti possono avere le condizioni per l'esistenza di acqua allo stato liquido, ingrediente fondamentale per lo sviluppo della vita così come la conosciamo.

Pensate che tutto questo è possibile farlo semplicemente analizzando il picco di emissione dello spettro elettromagnetico delle stelle: gli astronomi sono davvero degli eccellenti investigatori!

Domande e risposte

Questo spazio, all'interno della sezione di astronomia teorica, è rivolto a tutti coloro che trovano irresistibili i grandi temi dell'astronomia, ma allo stesso tempo credono che siano al di fuori della loro portata.

Non è così, e spero di dimostrarvelo rispondendo, di volta in volta, a un paio di domande semplici. Non lasciatevi ingannare da questo aggettivo: nell'Universo a domande facili corrispondono spesso risposte articolate e davvero sorprendenti. Queste domande sono estratte dal mio libro "125 domande e curiosità sull'astronomia", quindi se siete troppo curiosi dategli un'occhiata.

Se avete qualche domanda alla quale volete trovare risposta, scrivetemi all'indirizzo: info@danielegasparri.com

Cos'è il plasma?

Il plasma è il quarto stato di aggregazione della materia.

Dalle nostre esperienze, probabilmente conosciamo i classici tre: solido, liquido e gassoso. Molto raramente avremmo sentito parlare di plasma, per un semplice motivo: sulla Terra è molto raro.

Eppure oltre il 99% della materia dell'intero Universo si trova in questo particolare stato di aggregazione! Tutte le stelle sono fatte di plasma, buona parte delle nebulose e tutto lo spazio interstellare e intergalattico è popolato da plasma, seppur estremamente rarefatto.

A quanto pare, quindi, le situazioni e le esperienze che possiamo osservare su questo pianeta non rappresentano

necessariamente le proprietà e gli eventi dell'Universo.

L'ingrediente fondamentale per creare lo stato di plasma sono altissime temperature.

Mano a mano che un pezzo di materia qualsiasi viene riscaldato diventa prima liquido, poi gassoso. Continuando il riscaldamento, ad un certo punto la grande energia termica fa spezzare i legami molecolari, trasformando il gas molecolare in un miscuglio di singoli atomi.

Aumentando ancora la temperatura, l'energia somministrata al gas atomico è così grande da spezzare anche i legati tra nuclei atomici ed elettroni. Abbiamo raggiunto lo stato di plasma: un gas qualsiasi composto da nuclei atomici positivi ed elettroni, negativi, che non riescono più a legarsi.

Le proprietà del plasma sono particolari. Prima di tutto emette luce, meglio, radiazione elettromagnetica, tanto più intensa quanto maggiore è la temperatura.

Poi il plasma, essendo composto da particelle con una carica elettrica, è molto sensibile all'influenza dei campi magnetici.

Se potessimo immergere una potente calamita in una piccola quantità di plasma, vedremo il gas muoversi e a disporsi secondo delle linee ordinate, chiamate linee del campo magnetico.

L'esperienza è simile a quella che ogni insegnante di fisica ha proposto, almeno una volta, ai propri alunni utilizzando un magnete e la limatura di ferro.

La polvere di ferro è così leggera che sente il campo magnetico e si dispone in modo piuttosto ordinato intorno alla calamita, facendo vedere le linee del campo magnetico.

Sebbene su scala estremamente più grande, il plasma si comporta in modo simile. Per notarlo possiamo osservare, ad esempio il Sole durante le sue famose eruzioni, dette anche

brillamenti, e vedere come le fontane di gas espulse dalla superficie somiglino a perfette trame cosmiche modellate dal campo magnetico.

Sulla Terra il plasma esiste, ma va cercato attentamente, perché, fortunatamente per la nostra vita, rappresenta una componente trascurabile dell'atmosfera.

La bianca luce prodotta da un fulmine è l'esempio più evidente di plasma. La forte scarica elettrica proveniente dalle nubi riscalda l'aria circostante fino a due milioni di gradi, facendola diventare per breve tempo plasma, responsabile dell'emissione della la tipica luce bianco-azzurra del lampo.

In realtà, ogni scarica elettrica produce, per un tempo brevissimo, del plasma, compresa quella dei comuni accendigas. Anzi, è la scarica elettrica in se che si rende visibile perché l'aria si ionizza, diventando plasma e mostrando il piccolo arco elettrico azzurro.

Qualsiasi materiale può diventare plasma, dall'idrogeno al ferro: basta solamente raggiungere la temperatura adatta.

Le stelle sono tutte uguali?

No, le stelle non sono tutte uguali, ma uguali sono le regole di base che la Natura ha scelto per il loro funzionamento.

Tutti i corpi celesti dell'Universo seguono delle precise e ferree leggi fisiche che ne regolano il funzionamento, le proprietà e la loro stessa evoluzione.

Per quanto si possa cercare, nell'Universo non sembra esserci posto per l'interpretazione, per l'intuito di un artista che crea opere d'arte libere da qualsiasi vincolo.

Le meraviglie dell'Universo sono perfette applicazioni di alcune leggi fondamentali, che variando la quantità e la qualità degli ingredienti a disposizione danno come risultato corpi celesti spesso molto diversi tra di loro.

Le stelle rappresentano al meglio questo modo di agire dell'Universo.

Le leggi che ne consentono la formazione e il funzionamento sono poche, ma in grado di dare vita ad astri anche molto diversi tra di loro.

Alcune stelle sono poco più grandi, in dimensioni, di Giove, con un colore estremamente rosso. Altre hanno dimensioni centinaia di volte superiori al Sole, brillando di un'intensa luce blu.

Alcune contengono quasi esclusivamente idrogeno ed elio, altre, come il Sole, sono composte anche da un 2% di elementi più pesanti.

Alcune stelle variano la loro luminosità nel tempo, a volte addirittura la forma, in poche ore. Altre, invece, possono generare esplosioni immense che ne modificano la struttura e le proprietà. Alcune, anche se non molte rispetto al totale, sono più tranquille,

proprio come il Sole.

Esistono due stelle completamente identiche? E’ possibile, perché per quanto la qualità e la quantità degli ingredienti possano variare, il numero di astri presenti nell’Universo è sicuramente maggiore di tutte le possibili combinazioni.

Ma le proprietà delle stelle sono influenzate anche dall’ambiente nel quale nascono e vivono. La presenza di compagne vicine, a formare i sistemi multipli, può causare profondi cambiamenti in entrambe le componenti. Anche la densità del mezzo interstellare e la posizione nella Galassia possono influenzare non poco l’esistenza e le proprietà di una stella.

Astronautica

Questa sezione è estratta dal libro: "Conoscere, capire, esplorare il Sistema Solare".

Siamo arrivati allo spazio dedicato agli amanti

dell'esplorazione dello spazio.

L'astronautica, con le sue sfide tecnologiche, i pericoli, i grandi e spettacolari risultati scientifici, è una disciplina che non può non interessare, al di là della passione per l'astronomia.

Grazie all'esplorazione del nostro Sistema Solare abbiamo imparato moltissime nozioni, anche per quanto riguarda il funzionamento e le proprietà del nostro delicato e prezioso pianeta, senza contare il salto tecnologico enorme compiuto grazie a dei sognatori che di fronte a difficoltà, spesso enormi, non si sono arresti e hanno sempre cercato di raggiungere le stelle.

L’esplorazione della Luna

Sono stati scritti interi volumi in merito alla straordinaria epopea dell’esplorazione lunare.

La Luna è infatti l’unico corpo celeste esterno alla Terra raggiunto dagli esseri umani, proprio all’inizio della nostra avventura tra le stelle negli anni 60-70.

A oggi (Marzo 2013) sono ben 102 le missioni dedicate allo studio del nostro satellite, molte delle quali organizzate dall’agenzia spaziale americana e dall’ex Unione Sovietica.

I tentativi di raggiungere la Luna con piccole sonde automatiche si susseguirono frenetici già nel 1958.

L’onore del primo lancio spettò agli americani, con la sonda Pioneer 0 il 17 agosto 1958, ma il razzo non lasciò mai l’atmosfera terrestre a causa di un’avaria.

Nei mesi successivi e fino al nuovo anno, americani e russi si passarono il testimone dei fallimenti, come un perfetto scambio in una partita di tennis. In totale altri 6 lanci per la Luna fallirono già in partenza.

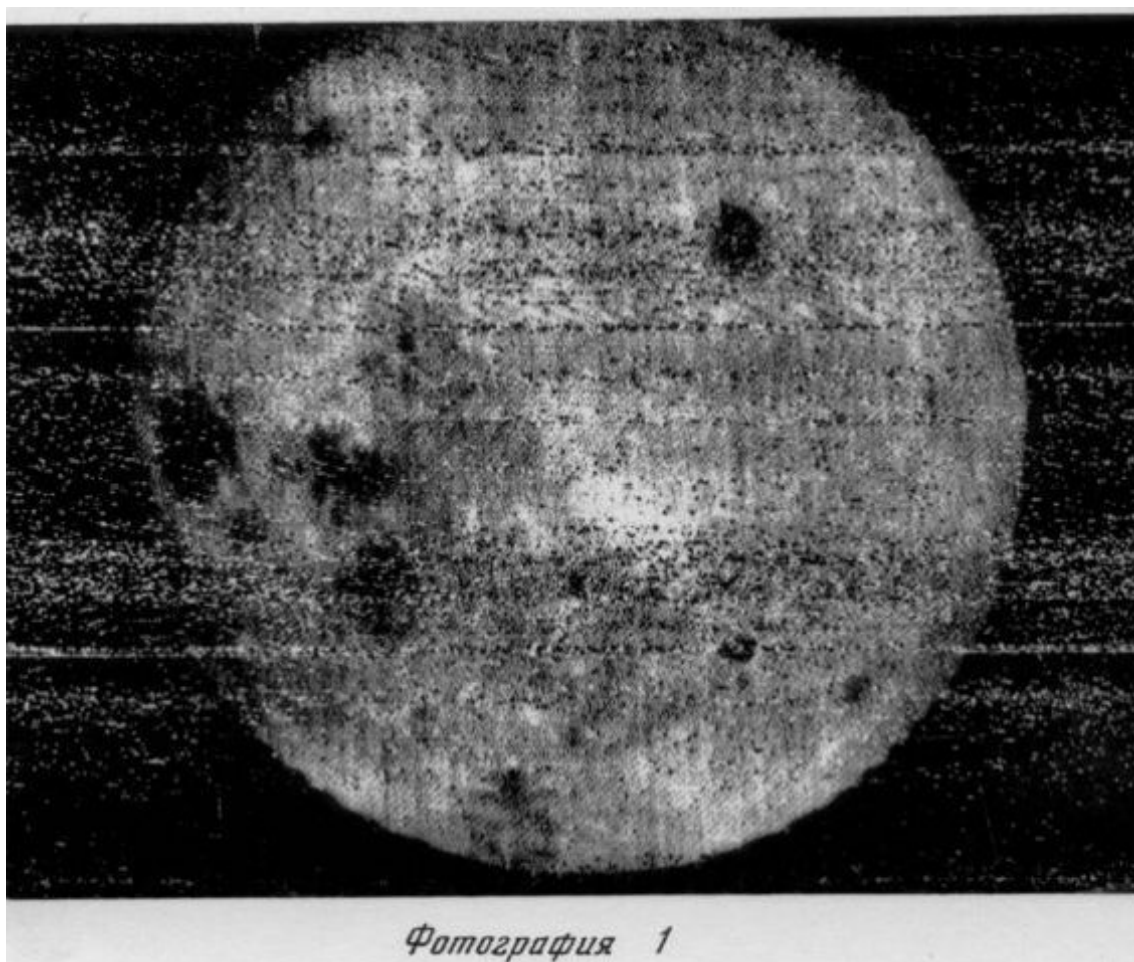
Il primo successo arrivò il 2 gennaio 1959.

I sovietici, finalmente, lanciarono con esito positivo la sonda Luna E-1, che raggiunse il nostro satellite naturale dopo un viaggio di due giorni.

L’obiettivo era quello di impattare sulla superficie, ma non fu mai raggiunto perché la sonda, dopo un avvicinamento minimo a circa 6.000 km, si perse nello spazio.

Altre 4 missioni, due russe e altrettante americane, si susseguirono fino al settembre dello stesso anno, con un’incoraggiante percentuale di successi (un solo lancio fallì).

Furono però ancora i sovietici ad accaparrarsi un altro ghiotto record.

Luna 3, partita il 4 ottobre 1959, raggiunse la destinazione due giorni dopo e inviò a Terra per la prima volta nella storia le immagini della faccia nascosta.

La prima immagine della storia della faccia nascosta della Luna.

Gli americani accusarono il colpo e non poterono porvi rimedio: ben 7 sonde lanciate tra l'ottobre 1959 e il gennaio 1964 fallirono tutti gli obiettivi.

Poco importava se anche i russi non raggiunsero più il satellite in quegli anni per altrettanti fallimenti; il gap ingegneristico e tecnologico era diventato davvero difficile da colmare.

Proprio nel momento più difficile dell'esplorazione lunare americana, con i russi che non solo avevano raggiunto la Luna con le sonde automatiche e inviato le immagini della faccia nascosta, ma anche inviato il primo uomo nello spazio (Yuri Gagarin, 12 aprile 1961), il presidente John F. Kennedy annunciò in una storica seduta plenaria del congresso degli Stati Uniti (25 maggio 1961) che l'America avrebbe portato entro la fine del decennio degli uomini sul suolo lunare e li avrebbe fatti tornare a casa sani e salvi.

L'annunciò stupì il mondo e presumibilmente anche i russi (ma dal regime sovietico filtrava ben poco), che probabilmente avevano anche loro questo ambizioso progetto, vista la flotta di sonde automatiche mandate sul satellite.

Il gap americano però era davvero grande: non solo i tentativi falliti di raggiungere con sonde automatiche la Luna, ma soprattutto il ritardo nel programma di esplorazione spaziale umana. All'epoca del discorso di Kennedy nessun americano aveva mai raggiunto neanche l'orbita terrestre: com'era possibile immaginare un progetto così complesso come l'atterraggio di uomini sul suolo lunare in pochi anni?

Dopo il via libera del congresso, alla giovane agenzia spaziale americana (la NASA era stata fondata nel 1958 in risposta al programma spaziale russo) fu destinata una quantità di fondi impressionante per lo sviluppo di un programma spaziale finalizzato alla conquista della Luna.

Si accelerò il progetto Mercury, già in corso, che aveva il compito di portare finalmente i primi astronauti americani nello spazio.

Si proseguì a ritmi serrati con il progetto Gemini (1965-1966), finalizzato allo sviluppo di tecniche ingegneristiche e di

volo per il successivo programma Apollo, che avrebbe dovuto portare finalmente i primi uomini sulla Luna.

Le capsule Gemini dovevano sperimentare la resistenza del fisico umano a missioni spaziali di diversi giorni, la possibilità di fare passeggiate spaziali e le delicate manovre necessarie per lo sbarco lunare, come l'aggancio tra diversi veicoli e gli assetti di volo in questa configurazione.

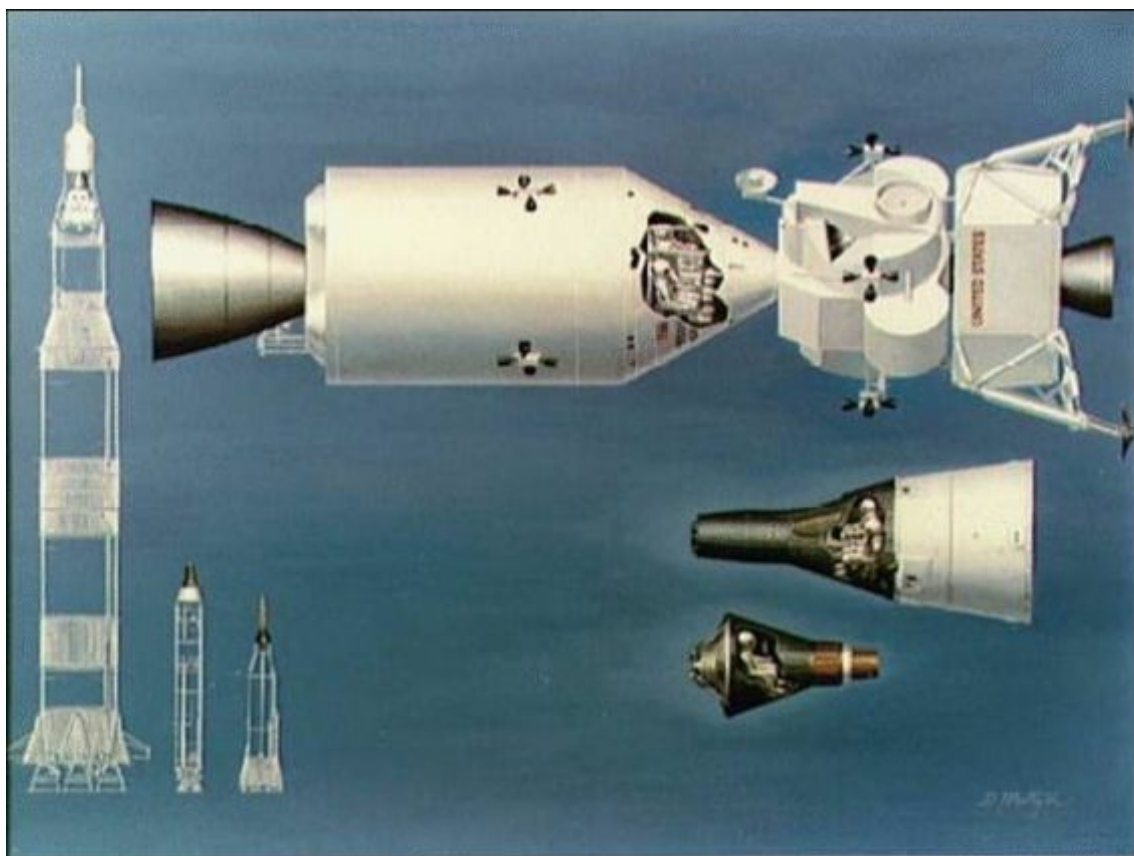
Le piccole astronavi Gemini ospitavano due astronauti ed erano lanciate nello spazio da un razzo chiamato Titan II GLV, il più potente dell'epoca, ma non ancora abbastanza per una missione lunare completa, che avrebbe richiesto un'astronave molto più capiente e pesante.

La capsula Gemini 6 in manovra orbitale con la Gemini 7 dalla quale è stata ripresa questa immagine.

Nel frattempo i sovietici raggiunsero un altro importante traguardo. La sonda Luna 9 il 5 febbraio 1966 atterrò per prima sulla superficie lunare, marcando un'altra tappa fondamentale dell'esplorazione dello spazio: per la prima volta nella storia un manufatto umano era atterrato su un altro corpo celeste e aveva inviato le prime immagini di un mondo alieno.

5 febbraio 1966: la sonda russa Luna 9 invia a Terra la prima immagine ripresa dalla superficie lunare.

Il silenzio americano però era solo apparente, poiché tutte le energie si stavano concentrando sulla preparazione della missione umana.

La fine positiva del progetto Gemini segnò finalmente l'inizio dei test per il programma Apollo. Parte importante del progetto riguardava la costruzione del razzo che avrebbe portato gli astronauti sulla Luna nell'astronave vera e propria. Per questo scopo fu sviluppato il più grande e potente vettore della storia dell'esplorazione spaziale, denominato Saturn V, pronto per i primi test a partire dal novembre 1967.

Confronto tra le dimensioni delle astronavi (in primo piano) e dei rispettivi lanciatori (a sinistra). L'astronave Apollo era molto più grande delle capsule Gemini (al centro) e delle Mercury (in basso). A sinistra, il Saturn V svetta sui precedenti lanciatori.

Il Saturn V

Difficile riuscire a immaginare cosa si possa provare nel trovarsi di fronte all'imponente Saturn V, a meno che non si abbia la fortuna di visitare il museo Smithsonian, negli Stati Uniti, e capire che in uno degli scarichi dei motori del primo stadio potrebbe tranquillamente viverci una persona, tanto è grande.

Difficile anche comprendere come questo gigantesco agglomerato di metallo, cavi e carburante, dal peso di 3 mila tonnellate, potesse far volare tre impavidi uomini e portarli in una regione di spazio dove nessuno era mai arrivato e soprattutto nessun'altro si è più avventurato.

E si fatica non poco ad accettare il fatto che questo manufatto, così enorme e imponente, sia stato partorito interamente dalla genialità della mente umana.

Il Saturn V, l'unico a portare uomini oltre la bassa orbita terrestre, era un imponente razzo costituito da oltre 3 milioni di pezzi, alto 111 metri, capace di portare in orbita lunare un peso di circa 45 tonnellate.

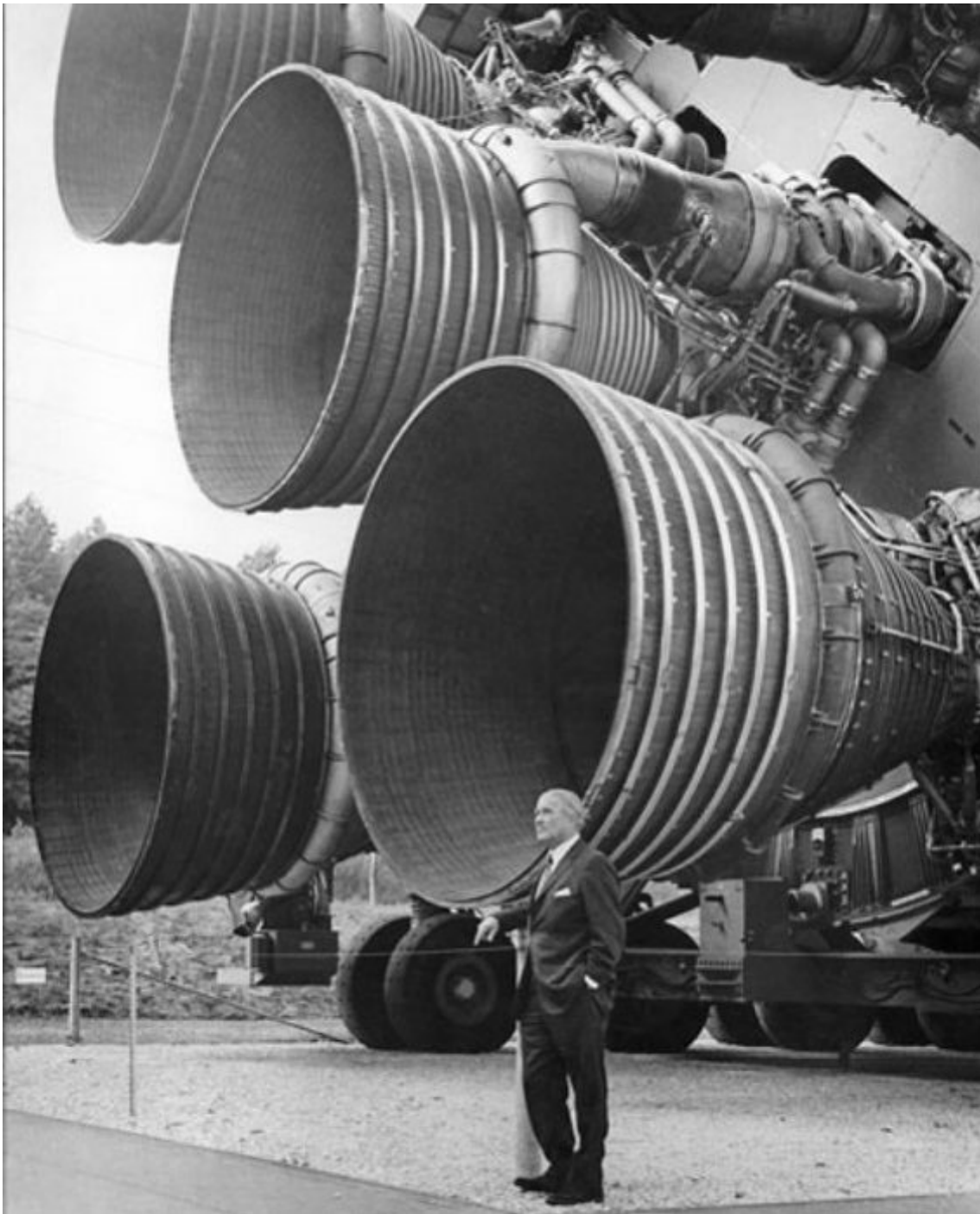
Gran parte della sua struttura era piena di carburante e riservata a lasciare la superficie e l'atmosfera terrestre, un'impresa molto più difficile di quanto si possa pensare, soprattutto se si deve trasportare un'astronave con equipaggio umano dal peso di diverse tonnellate.

Ben 80 metri del Saturn V servivano proprio per questo scopo. Con un consumo massimo di circa 15 tonnellate di carburante al secondo, il razzo doveva portare in orbita la "parte superiore" che alloggiava la vera e propria astronave Apollo.

Il vettore aveva tre stadi, ovvero era formato da tre unità che

avevano diversi compiti.

Il primo stadio era individuato dalla parte inferiore ed era il più potente, riservato al decollo e ai primi istanti di salita in atmosfera terrestre.

Alto 42 metri e con un diametro di 10, era pieno di ossigeno liquido e cherosene e dotato di 5 motori.

L'ideatore del Saturn V Werner Von Braun posa orgoglioso vicino alla sua immensa creatura.

L'accensione durava 168 secondi, dalla partenza fino a un'altezza di circa 65 km, quando finito il propellente veniva espulso e ricadeva in pieno oceano. L'espulsione liberava il secondo stadio alto 24 metri e formato da 5 motori, con il compito di fornire la spinta necessaria all'astronave per raggiungere gli strati più alti dell'atmosfera. Esaurito il carburante, veniva espulso per liberare il terzo e ultimo stadio, alto circa 18 metri.

Il terzo stadio era l'unico razzo del complesso sistema modulare del Saturn V che poteva essere riacceso. Questo infatti serviva inizialmente per porre l'astronave in orbita terrestre di parcheggio, in attesa del via libera da parte del controllo missione per la seconda e ultima accensione che avrebbe portato l'astronave verso la Luna.

Se il Saturn V era indubbiamente il gigante dello spazio, il rimorchio cingolato che doveva trasportarlo dalla base alla rampa di lancio era sicuramente il gigante della strada.

Pochi giorni prima della partenza, l'enorme vettore in configurazione di lancio veniva trasportato verso la rampa da questo super rimorchiatore dal peso di oltre 2500 tonnellate, dotato di due motori da 2700 cavalli e altrettanti da 1000, che alla velocità di crociera di 1,7 km/h impiegava diverse ore per giungere a destinazione.

Rimorchi simili sono stati utilizzati per trasportare lo Space Shuttle e per tutti gli altri razzi diretti verso la rampa di lancio.

Struttura e proprietà del grande razzo Saturn V in un’illustrazione d’epoca.

L’astronave Apollo

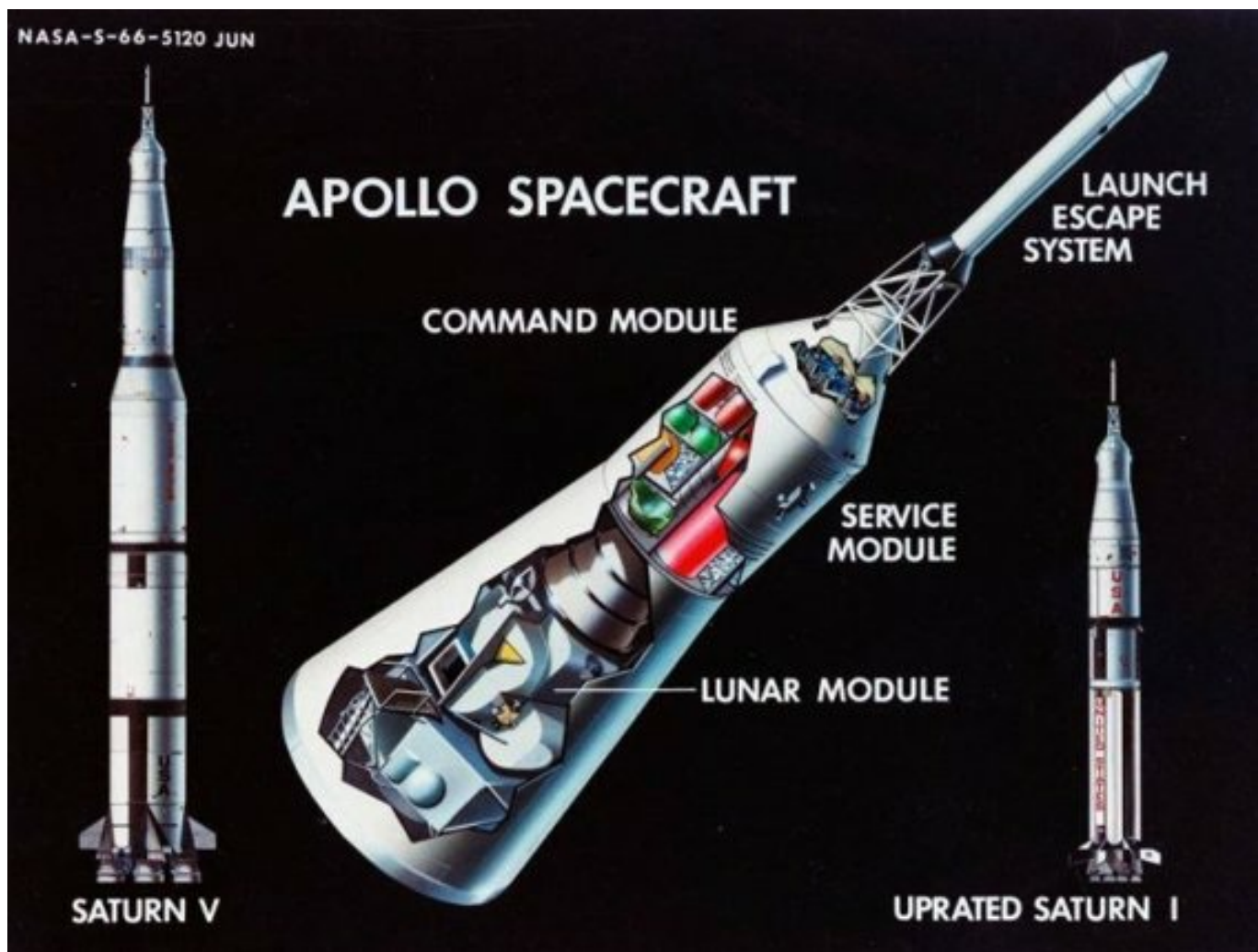
L’astronave vera e propria era installata nella parte superiore del razzo. Protetta dall’involucro esterno del Saturn V sarebbe stata liberata solamente dopo aver lasciato l’orbita terrestre.

Anche l’astronave Apollo era composta da diverse parti, ognuna con un preciso scopo: il modulo di comando, il modulo di servizio e il modulo lunare (LEM).

Il modulo di servizio rappresentava la struttura portante, contenente i motori per la spinta e la manovra, gran parte del sistema elettrico e delle riserve di ossigeno e acqua, nonché tutta la strumentazione da utilizzare sulla Luna.

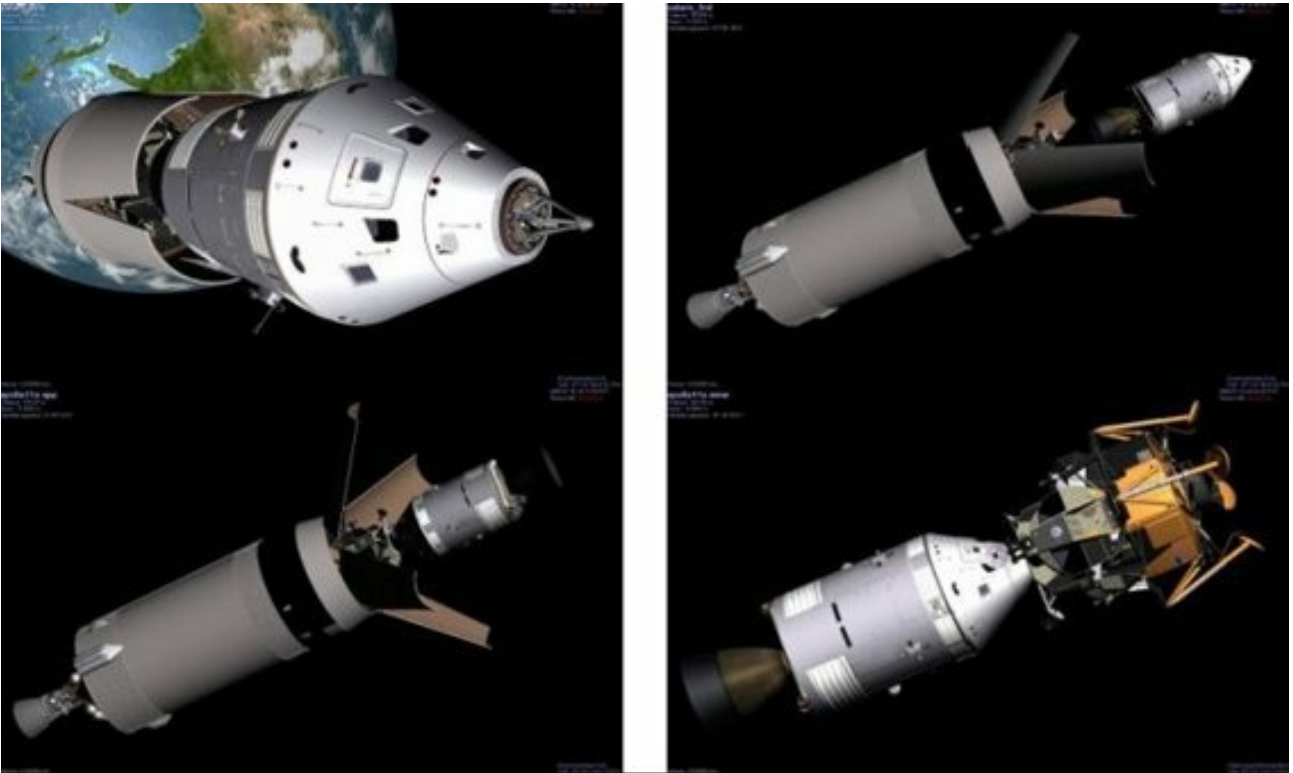
Il modulo di comando era la parte terminale del modulo di servizio. Con una forma a cono, costituiva lo spazio, un po’ angusto, in cui gli astronauti vivevano e pilotavano l’astronave.

Ogni missione verso la Luna prevedeva di affidare un nome particolarmente significativo al modulo di comando. Quello di Apollo 11 si chiamava Columbia.

Il modulo lunare, abbreviato in LEM, era contenuto nella parte superiore del terzo stadio del Saturn V e doveva quindi essere estratto e poi agganciato alla parte anteriore del modulo di comando. Anche al modulo lunare veniva affidato un nome per ogni missione. Quello di Apollo 11 era chiamato Eagle (Aquila).

La piccola astronave Apollo era installata sulla cima del razzo Saturn V.

Poco dopo la fine dell'accensione di sei minuti del terzo stadio che portava l'astronave Apollo dall'orbita terrestre verso la Luna, il modulo di servizio si liberava dell'involucro del Saturn V e si separava dal terzo stadio esaurito contenente anche il modulo lunare. A questo punto doveva ruotare di 180°, avvicinarsi alla parte superiore del terzo stadio, agganciare il LEM e toglierlo dall'involucro del razzo in una manovra estremamente delicata. Tutto questo mentre l'astronave era già nella traiettoria di traversata, con una velocità di diverse decine di migliaia di chilometri l'ora.

Con il LEM agganciato nella parte superiore del modulo di comando, l'astronave Apollo continuava il viaggio verso la Luna, ruotando di nuovo, ma questa volta molto lentamente, di quasi

180°.

La delicata manovra di aggancio del modulo lunare da parte dell’astronave Apollo all’inizio della traversata Terra-Luna.

Il modulo lunare, soprannominato ragno negli ambienti della NASA, era la piccola astronave dedicata unicamente alla discesa sulla Luna e alla successiva ripartenza. La struttura del LEM era così leggera, e i motori così poco potenti, che sulla Terra non avrebbe né volato e neanche sostenuto il peso degli astronauti a bordo. La scarsa gravità lunare, sei volte inferiore a quella terrestre, aveva consentito un prezioso risparmio sul peso di una struttura che altrimenti avrebbe richiesto un razzo ben più potente per essere spedita sulla Luna.

Nel LEM trovavano posto i due astronauti destinati a scendere sulla superficie lunare, e anche esso era composto di due stadi. La struttura completa era dedicata alla discesa, mentre il secondo stadio, formato dalla parte superiore, era dedicato alla risalita.

Alla partenza dalla superficie selenica delle piccole cariche esplosive tagliavano i collegamenti con la parte inferiore, che fungeva da rampa di lancio per il modulo di ascesa. Dopo pochi minuti, quello che rimaneva del “ragno” agganciava il modulo di comando rimasto ad aspettarlo in orbita. Una volta effettuato il ricongiungimento il secondo stadio del LEM veniva sganciato e fatto schiantare sulla superficie.

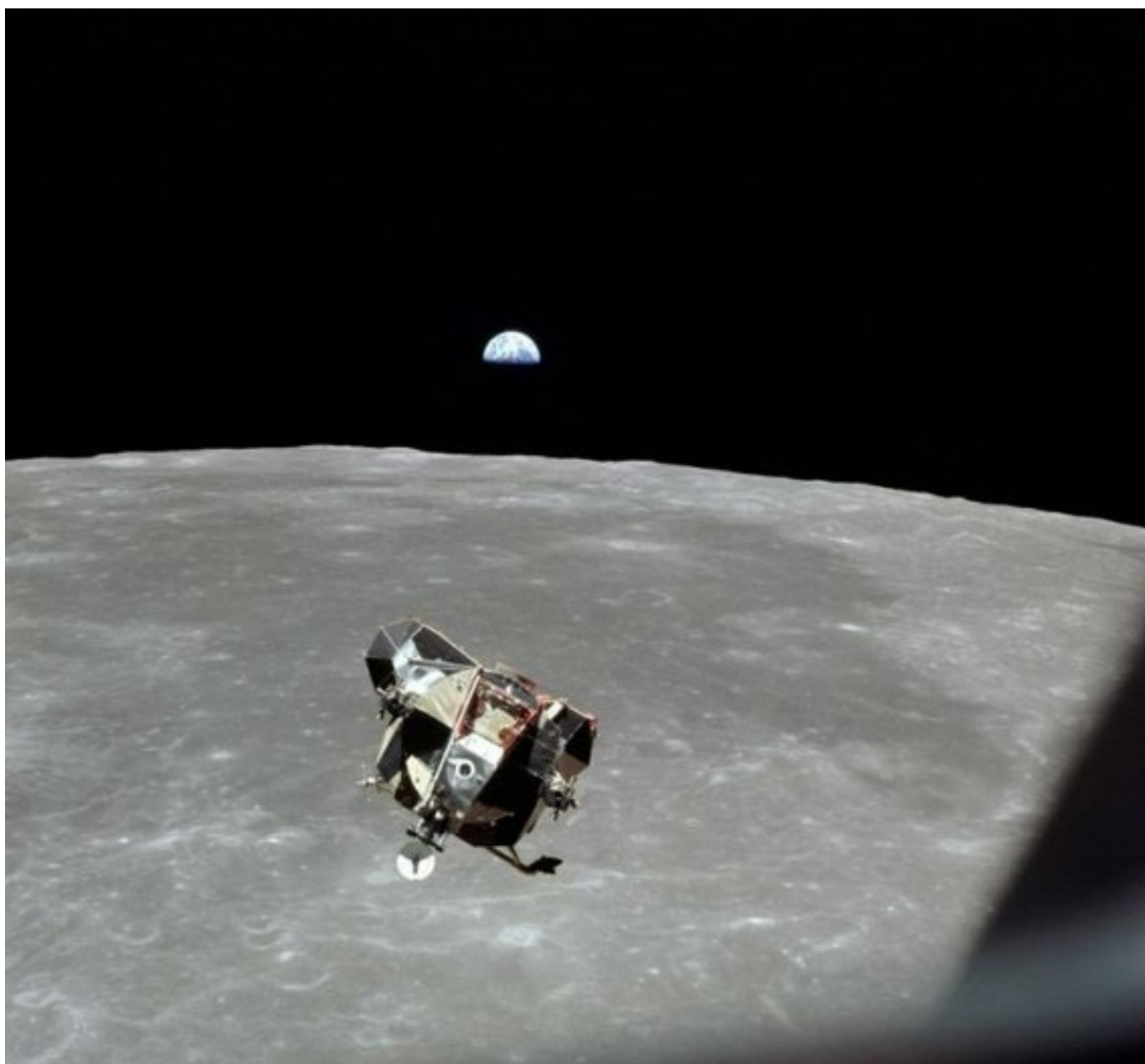
Per tornare verso la Terra, l’astronave Apollo (o meglio, quello che ne restava) aveva a questo punto bisogno di una spinta in grado di aumentare la velocità di 1 km/s. Questo era il momento più delicato di tutta la missione.

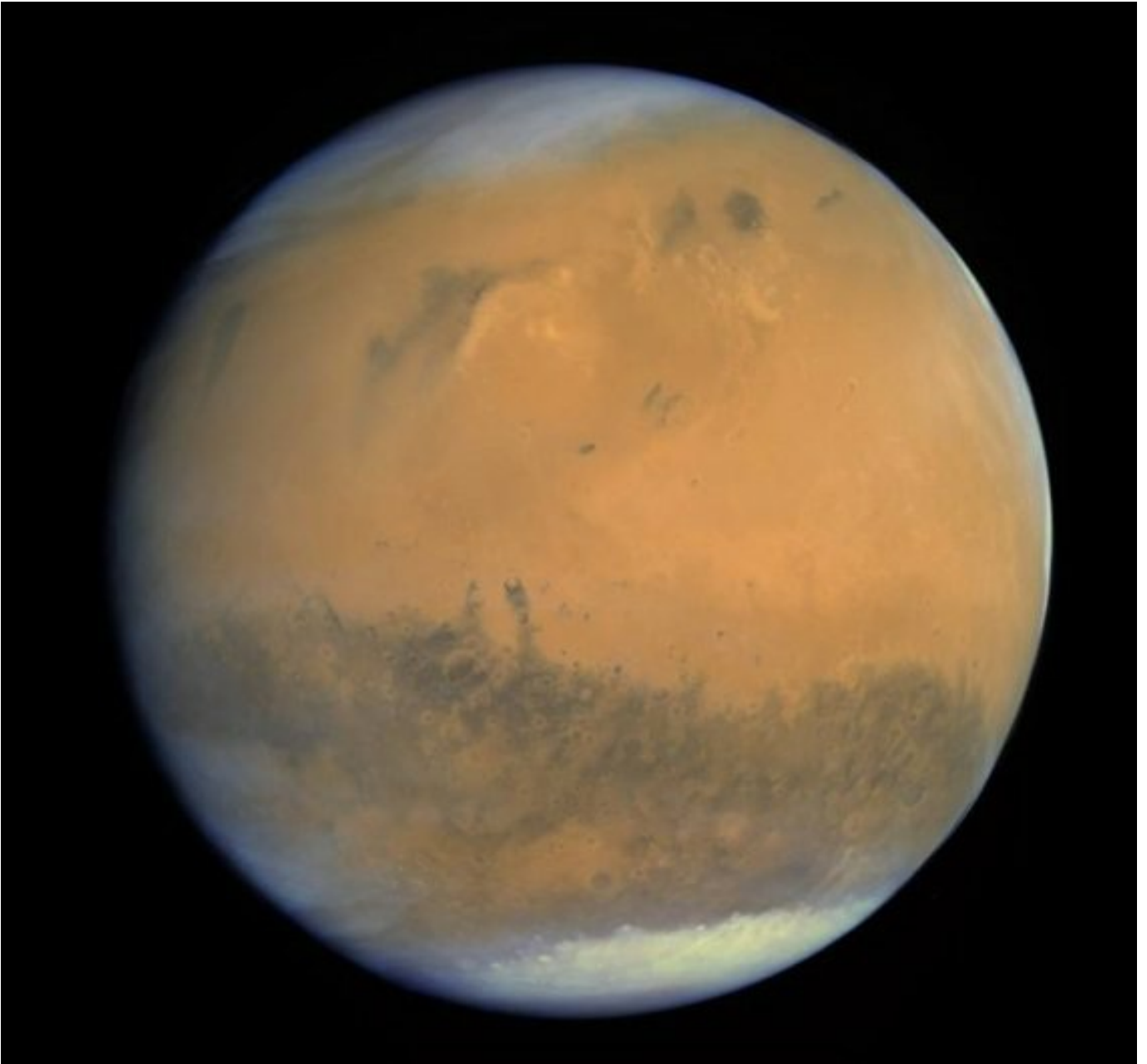
Affinché l’astronave si immettesse sulla giusta traiettoria di ritorno, il motore del modulo di servizio doveva accendersi per due minuti e mezzo, mentre gli astronauti si trovavano a orbitare sopra la faccia nascosta della Luna, posizione nella quale erano impossibili le comunicazioni radio con il controllo missione. Con la Terra oscurata dal nostro satellite, nessuna comunicazione radio può infatti essere trasmessa o raggiungere qualsiasi astronave in questa posizione. Se qualcosa sarebbe andato storto, nessuno da Terra avrebbe potuto porvi rimedio e gli astronauti non sarebbero più tornati a casa.

Intrapresa la traiettoria di ritorno, il viaggio procedeva tranquillo per circa 70 ore, durante le quali gli astronauti raccoglievano le pellicole fotografiche rimaste all’esterno del modulo di comando e ispezionavano l’astronave per controllarne l’integrità strutturale.

In prossimità della Terra e con il rientro imminente in atmosfera il modulo di comando si liberava del modulo di servizio.

La piccola capsula conica che restava non era provvista di motori ma solamente di uno scudo termico, fondamentale per resistere al grande calore generato dall'impatto con l'atmosfera terrestre, di un sistema di paracadute per rallentare la discesa a partire da circa 7000 metri di quota e di una riserva elettrica e di ossigeno per mantenere in vita gli astronauti per i pochi minuti che li separavano dalla fine della missione.

Rallentato da tre paracadute, il modulo di comando si gettava nelle calde acque dell'oceano pacifico ponendo fine alla missione lunare.

Il modulo di ascesa proveniente dalla superficie lunare si prepara ad agganciarsi all'astronave madre durante la storica missione Apollo 11.

Nel prossimo numero rivivremo le gesta, le emozioni e le tensioni degli sbarchi lunari: dal grande successo di Apollo 11 alla tragedia sfiorata da Apollo 13, fino al disinteresse che pose fine in anticipo al glorioso programma Apollo.

Attualità

In questa sezione finale vengono proposte notizie e riflessioni sui temi più attuali, spaziando dall'esplorazione di Marte alle galassie più lontane dell'Universo. A decidere gli argomenti è l'enorme progresso scientifico cui va incontro una disciplina attiva come l'astronomia. Scoperte piccole e grandi si susseguono a ritmi frenetici, sebbene gli astronomi in tutto il mondo rappresentino una piccola comunità che a mala pena raggiunge le

20 mila unità. Ma mai come in questo caso la determinazione può superare tutte le difficoltà della disciplina più impegnativa che esista.

Le montagne più alte del Sistema Solare

Nelle pagine dedicate ai pianeti sono state qualche volta nominate montagne veramente imponenti, tra cui il famoso monte Olimpo su Marte o gli Appennini lunari.

In realtà tutti i pianeti rocciosi e buona parte dei satelliti naturali possiedono montagne, la cui origine non sempre è chiara. Perché dunque non provare a chiedersi quali sono le dieci vette più alte del Sistema Solare? Rispondere a questa domanda, però, non è semplice quanto si possa credere.

Cosa si intende infatti per altezza di una montagna? Ci sono sostanzialmente due definizioni. La più utilizzata qui sulla Terra prevede di misurare l'elevazione rispetto al livello del mare. In questo modo possiamo trovare effettivamente il punto più alto, ma non necessariamente la montagna più elevata. Un altro modo che forse rende maggior giustizia a questi mostri rocciosi prevede di misurare l'altezza rispetto alla base. Seguendo questa strada non è detto che si trovi necessariamente la quota maggiore, ma sicuramente la montagna, intesa come struttura geologica, più alta.

Per chiarire meglio questo fatto, al quale di solito non pensiamo, meglio ricorrere a un paio di esempi terrestri.

Il nostro Gran Sasso si eleva dal livello del mare per quasi 3000 metri. Supponiamo che questa sia anche la sua vera altezza. Se ora lo potessimo spostare sull'altopiano del Tibet, un deserto pianeggiante a una quota che raggiunge anche i 6000 metri, la vetta del Gran Sasso arriverebbe alla misura record 9000 metri, ma l'altezza della montagna rimarrebbe la stessa.

Un altro esempio riguarda il monte Everest. Effettivamente con i suoi 8861 metri di quota è il punto della superficie terrestre più in alto rispetto al livello del mare. Se però si misura a partire dalla base, ci si rende conto di un fatto forse deludente: l'altezza reale è di appena 4600 metri, superata anche da altre montagne, tra cui il monte McKinley, in Alaska, con 5900 metri. Non dobbiamo quindi fare confusione tra altezza e quota. Per la nostra classifica utilizziamo la definizione di altezza, ben consci del fatto che a volte, quando cerchiamo montagne in mezzo a delle imponenti catene montuose, la loro base potrebbe non essere facile da individuare. Questa definizione sembra essere il compromesso migliore, se non altro perché sugli altri pianeti, laddove non sono presenti oceani, diventerebbe difficile dare una definizione di quota rispetto a un livello di riferimento assoluto.

Al decimo posto troviamo i monti Maxwell, la più grande catena montuosa di Venere, con un'altezza rispetto alla pianura circostante di 6,4 km.

Al nono posto cominciano ad arrivare le vette marziane. Il monte Arsia, uno dei grandi vulcani estinti, si innalza per oltre 9 km.

L'ottava piazza è occupata dall'unica montagna terrestre in classifica, che per quanto abbiamo detto nelle precedenti considerazioni non è il monte Everest ma l'insospettabile Mauna Kea, un grande vulcano estinto nelle isole Hawaii.

Sede di uno degli osservatori astronomici più famosi del mondo, la montagna è alta ben 10.200 metri, di cui oltre 5000 sommersi dalle calde acque dell'oceano Pacifico.

Le posizioni dalla settima alla quinta sono occupate tutte dai grandi vulcani marziani: Pavonis, Elysium, Ascraeus, le cui vette

si innalzano dalla base rispettivamente per 11, 13,9 e 15 chilometri.

La quarta posizione spetta al monte Boösaule il più alto del corpo celeste più vulcanico del Sistema Solare: il satellite Io.

La sua altezza non si conosce con molta precisione, ma è compresa tra 17,5 e 18,2 km.

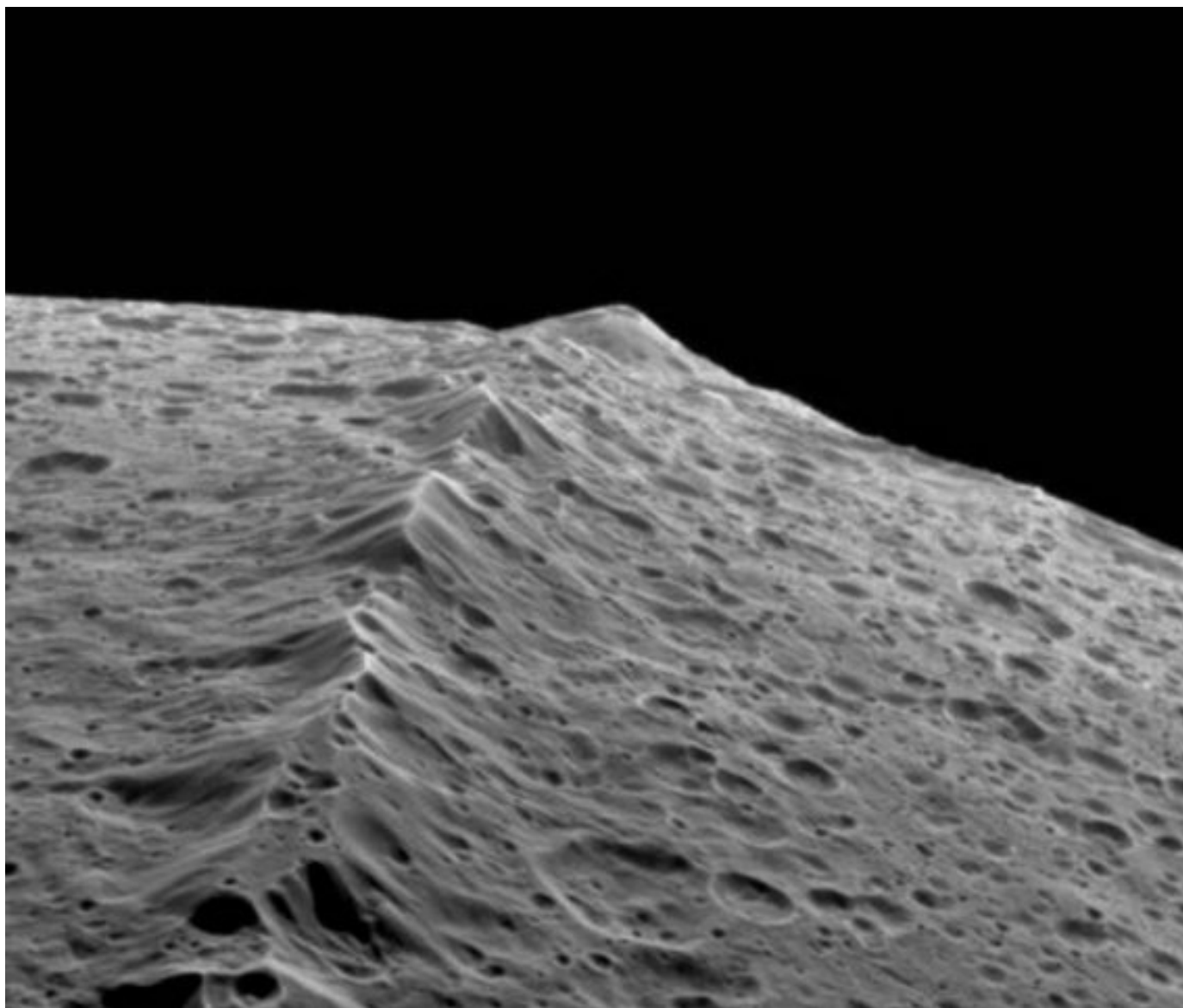
Al terzo gradino del podio si posiziona una new entry: le grandi montagne della cresta equatoriale di Giapeto, satellite di Saturno, riprese solo recentemente dalla sonda Cassini.

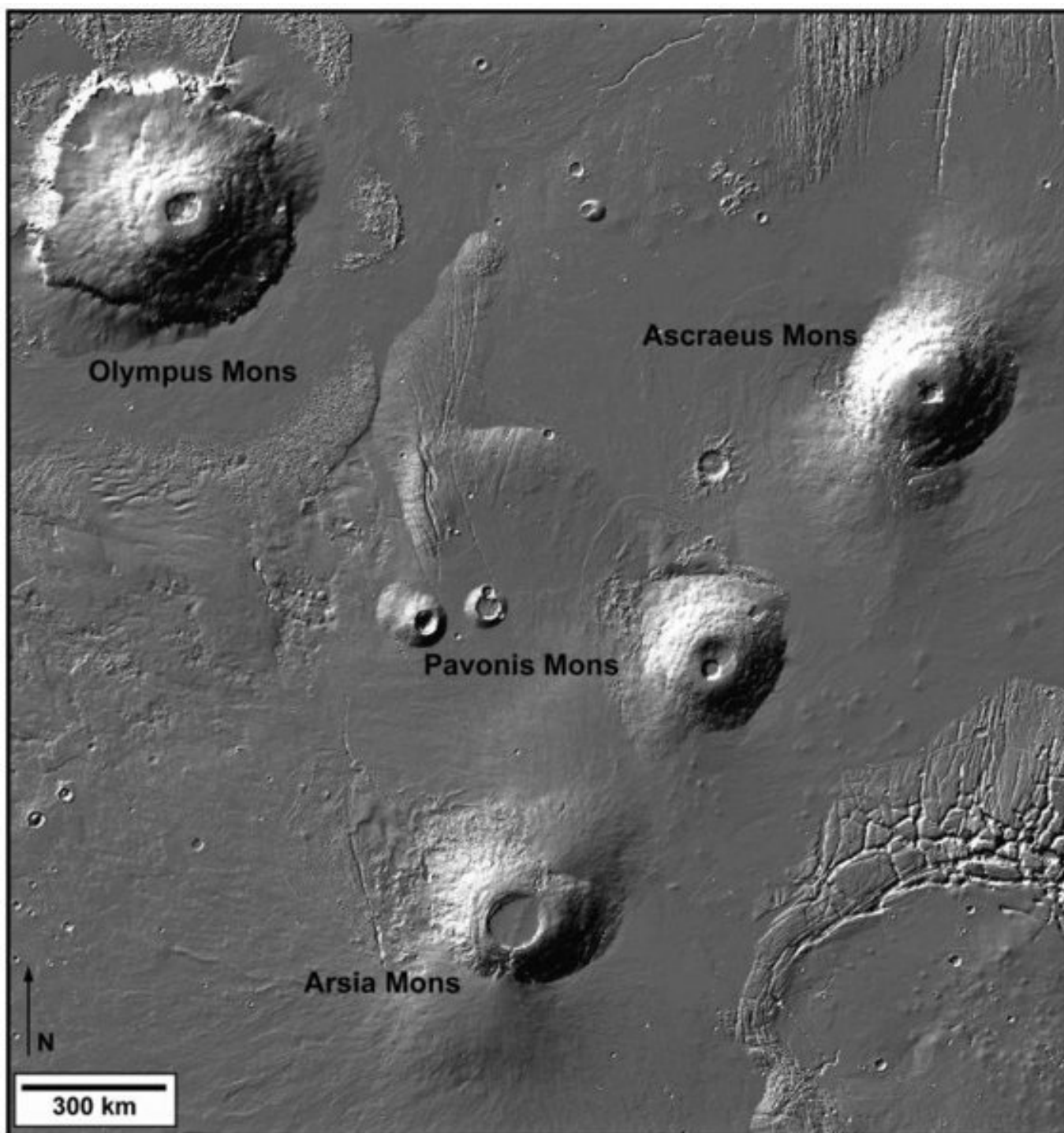
Nonostante i picchi più elevati non siano stati misurati, la cresta si innalza per circa 20 km e costituisce anche un bel grattacapo per tutti gli scienziati che devono spiegare l'esistenza di questo dettaglio unico nel Sistema Solare.

Dopo molti anni passati letteralmente in vetta alla classifica, al secondo posto troviamo l'imponente monte Olimpo di Marte, sicuramente il vulcano più grande del Sistema Solare, ma non più la montagna in assoluto più alta.

I suoi 22 chilometri al di sopra della piana sulla quale sorge non sono stati sufficienti per battere il record detenuto dal monte Rheasilvia dell'asteroide Vesta.

Ripreso e misurato solamente dopo essere stato avvicinato alla fine del 2011 dalla sonda Dawn, Rheasilvia ha un'altezza di circa 23 chilometri ed è quindi la montagna più alta del Sistema Solare.

Sarà un record temporaneo oppure assoluto? Solo il tempo ce lo dirà.

L’incredibile cresta equatoriale di Giapeto ha vette alte fino a 20 km.

La montagna Rheasilvia dell’asteroide Vesta è la più alta del Sistema Solare. In questa immagine è visibile al centro.

Molti dei grandi vulcani di Marte sono concentrati nella regione di Tharsis.

Sebbene sia stato spodestato, il monte Olimpo resta il più massiccio del Sistema Solare. Questo vero e proprio mostro è un antico vulcano spento, con una base larga circa 600 chilometri e una caldera di 80 km di diametro.

Per avere idea delle dimensioni, possiamo immaginare una montagna la cui base abbia un diametro pari alla distanza tra

Milano e Roma e sulla cui sommità trova posto l'intera Valle d'Aosta.

Il monte Olimpo detiene anche un altro record poco conosciuto: probabilmente si tratta della montagna più facile da scalare. Il suo profilo ha una pendenza media di appena il 5%, facile da percorrere con scarpe da trekking e un minimo allenamento!

Un altro aspetto sorprendente, che rende ben giustizia all'enorme altezza, è che sulla vetta la pressione atmosferica è appena il 12% rispetto alla pianura sottostante.

Sotto questo punto di vista, anche il nostro "piccolo" monte Everest non scherza: quando arriviamo agli 8861 metri del punto più alto, la pressione dell'atmosfera è appena il 32% rispetto al livello del mare. Non c'è quindi da meravigliarsi che gli scalatori necessitino di bombole di ossigeno per respirare.

Al di là della mera classifica, tuttavia, quali possono essere i processi che generano queste imponenti vette?

Le montagne sono formazioni che non esistevano subito dopo la formazione dei pianeti, le cui superfici, ancora fuse, erano perfettamente lisce.

Le grandi catene montuose presenti sulla Terra sono state generate dalla cosiddetta tettonica a zolle.

La crosta superficiale non è compatta ma divisa in diversi pezzi, detti placche, che galleggiano e si muovono su uno strato sottostante, denominato mantello, semi-liquido.

Quando due placche collidono, oltre a generare i terremoti, con il passare del tempo danno vita alle catene montuose, dal sollevamento della crosta a seguito della continua spinta le une verso le altre. Questo processo è chiamato orogenesi.

Alcune montagne possono nascere da violentissimi impatti.

Questo è il caso del monte Rheasilvia, oppure delle vette alte diverse migliaia di metri al centro dei più grandi crateri lunari.

Per capire come sia possibile la nascita di una montagna da un impatto asteroidale, che a prima vista dovrebbe letteralmente spianare ogni cosa invece di creare rilievi, osserviamo cosa succede quando facciamo cadere un piccolo sasso verticalmente in uno strato d'acqua profondo ameno 20 centimetri.

Nel momento dell'impatto si producono delle onde e proprio quando il sasso è appena affondato, al centro, si forma un piccolo rigonfiamento che fa sollevare l'acqua. Se il sasso è grande e impatta a velocità sostenuta, lo schizzo d'acqua proveniente dalla zona centrale si può alzare anche per diverse decine di centimetri. Sebbene con energie diverse, questo è quello che succede a una superficie solida quando viene colpita da un grosso meteorite: si comporta come se fosse un fluido.

Gli impatti più devastanti possono sconvolgere la struttura del pianeta e creare addirittura delle grandi catene montuose, come si pensa sia successo su Giapeto e sulla Luna.

Tutti i corpi celesti di piccole dimensioni non hanno infatti potuto sviluppare montagne a seguito dei movimenti delle placche, a causa del veloce raffreddamento al loro interno. Tracce di tettonica a zolle, non si sa ancora se passata o presente, sembra si siano osservate solamente su Marte, con probabili annessi terremoti. Questi ultimi possono verificarsi anche a seguito delle intense forze mareali, come quelle subite da alcuni satelliti di Giove e Saturno e dalla Luna stessa, a causa di impatti asteroidali, delle grandi eruzioni vulcaniche e addirittura a seguito di shock termici derivati dal rapido riscaldamento o raffreddamento delle superfici non protette da atmosfere, ma sono

generalmente di piccola intensità. I sismografi lasciati sul suolo lunare dagli astronauti non hanno registrato scosse superiori al secondo grado della scala Richter, ma ne hanno rilevate migliaia l'anno. Scosse più intense potrebbero interessare Io ma senza il motore principale, la tettonica a zolle, è molto difficile che si registrino eventi potenti come quelli terrestri.

Il terzo fenomeno che crea montagne è il vulcanesimo di tipo effusivo.

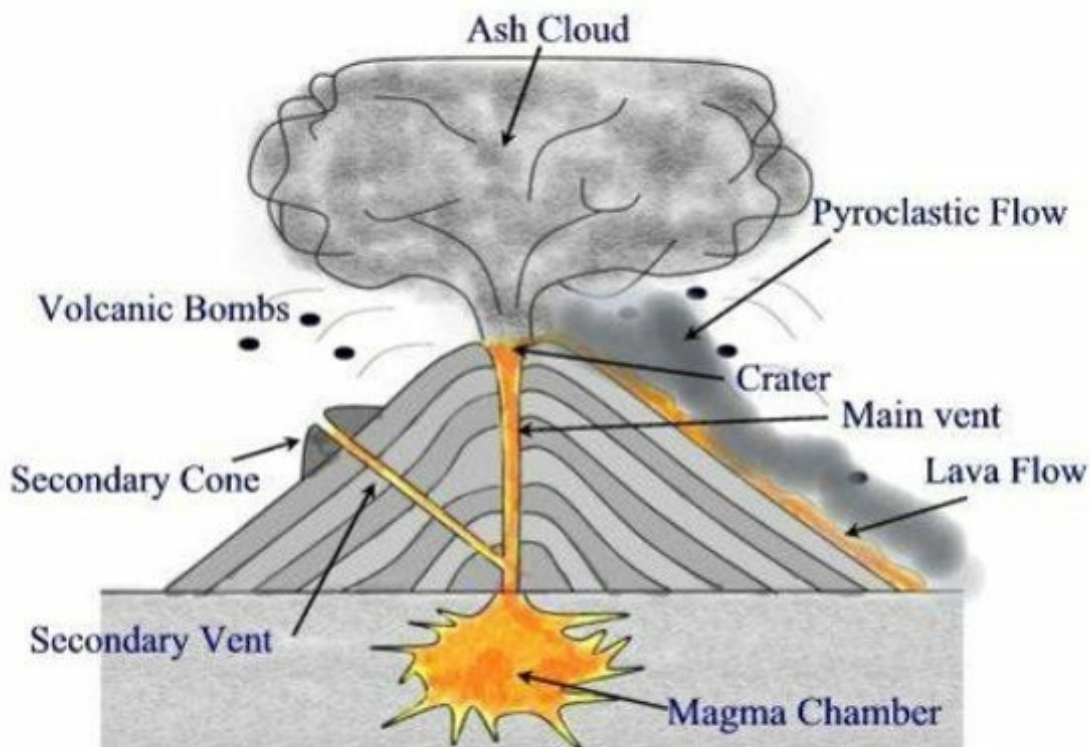
Il magma proveniente dalle calde regioni interne arriva in superficie e solidifica, accumulandosi e dando vita nel corso di migliaia di anni a una grande montagna, limitata dalla quantità di lava e dall'eventuale processo di tettonica a zolle.

Il monte Muna Kea è uno di questi vulcani, detti a scudo. Esso è stato generato dalla continua fuoriuscita di lava proveniente dal mantello terrestre, che nel tempo ha dato vita a un cumulo alto oltre 10.000 metri. Cosa ha impedito al Mauna Kea di continuare a crescere? Di nuovo, la tettonica a zolle: la placca su cui si trova la montagna nel tempo si è spostata e ora la fuoriuscita di lava, rimasta sempre nello stesso punto, si accumula su una porzione differente della crosta.

Su Marte, invece, i movimenti delle placche sembrano essere (se confermati) molto più lenti di quelli terrestri. Di conseguenza, nei punti in cui la crosta permetteva la risalita del magna sottostante, si sono potuti creare ingenti accumuli che hanno portato alla nascita del monte Olimpo, fino a quando il materiale fuso proveniente dalle profondità non si è esaurito.

Anche la bassa gravità ha contribuito alla crescita in altezza dei vulcani marziani. Sulla Terra, ad esempio, una montagna alta come il monte Olimpo avrebbe avuto una base molto più grande, quindi richiesto una maggiore quantità di lava, proprio perché la

maggiore forza di gravità avrebbe schiacciato il magma verso la superficie, facendo aumentare la base e diminuendo il ritmo di crescita in altezza.

Schema della formazione delle maggiori catene montuose terrestri: una placca collide con un'altra e dalla compressine si sollevano le montagne.

Formazione di una montagna a partire dal susseguirsi di imponenti colate laviche. Questo meccanismo è alla base della formazione delle grandi

montagne marziane.

Nel prossimo volume

Neofiti: La prima osservazione: consigli e mappe

Costellazioni: Chioma di Berenice e Serpente

Astrofotografia: Fotografia a grande campo a lunga esposizione

Ricerca: Fotometria d'apertura: teoria ed errori

Astrofisica: I moti propri delle stelle

Astronautica: L'uomo sulla Luna

Attualità: Una panoramica sui satelliti naturali

Per consigli, critiche, suggerimenti o per inviare materiale (immagini, articoli) scrivetemi a info@danielegasparri.com